REINALDO MATUSHIMA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES MULTIMÍDIA
BASEADO EM ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS E NOS
PADRÕES MPEG-7 E MPEG-21**

São Paulo

2007

REINALDO MATUSHIMA

**DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES MULTIMÍDIA
BASEADO EM ARQUITETURA ORIENTADA A SERVIÇOS E NOS
PADRÕES MPEG-7 E MPEG-21**

**Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia**

**Área de Concentração:
Engenharia de Computação e
Sistemas Digitais**

**Orientadora: Profa. Doutora
Regina Melo Silveira**

**São Paulo
2007**

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de setembro de 2007.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Matushima, Reinaldo

**Desenvolvimento de aplicações multimídia baseado em arquitetura orientada a serviços e nos padrões MPEG-7 e MPEG-21 / R. Matushima. -- ed.rev. -- São Paulo, 2007.
102 p.**

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

1.Sistemas multimídia 2.Sistemas distribuídos 3.Engenharia de software 4.Recuperação da informação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A todos que “participaram” deste trabalho, amigos do LARC, amigos do dia-a-dia. Em especial às professoras Graça e Tereza, pelas contribuições e incentivos ao longo de todo o mestrado e, à professora e grande amiga, Regina Melo Silveira, pela (grandiosa) paciência, orientações no trabalho e na vida.

RESUMO

Aplicações multimídia caracterizam-se por necessitar de grandes recursos computacionais e de rede. Frente a estes requisitos, os modelos de desenvolvimento sempre consideraram arquiteturas altamente especializadas e integradas, resultando em estruturas monolíticas que restringem o reuso, bem como exigem grande esforço para realização de alterações. Este tipo de direcionamento limita e dificulta o desenvolvimento de aplicações multimídia complexas e de larga escala. Existe uma demanda por diretrizes de desenvolvimento que consigam atender escopos cada vez mais amplos, suportando aplicações escaláveis, flexíveis, interoperáveis e de fácil programação. Neste contexto, este trabalho propõe o uso conjunto de Arquiteturas Orientadas a Serviço e os padrões MPEG-7 e MPEG-21. Apresenta-se como estas tecnologias podem facilitar o desenvolvimento de novas aplicações multimídia, diminuindo o custo e o esforço de desenvolvimento, e dando suporte às crescentes e diversificadas demandas por novos tipos de aplicações multimídia. O que deu base para o trabalho foi a busca por uma solução que atendesse a alguns requisitos adicionais verificados ao longo do projeto de uma Plataforma de Gerência de Vídeo. Entre outras coisas, é apresentado como as tecnologias que dão suporte ao desenvolvimento de arquiteturas orientadas a serviço se posicionam frente ao desenvolvimento de aplicações multimídia e, como elas, conjuntamente com os padrões MPEG-7 e MPEG-21 estão sendo utilizadas para melhorar a plataforma citada. É apresentado também um processo para modelagem de aplicações segundo os princípios de orientação a serviço, generalizando a solução apresentada para o desenvolvimento de aplicações multimídia quaisquer. Como resultado, pode-se verificar que, apesar de ainda existirem algumas questões a serem tratadas, as tecnologias apresentadas representam conjuntamente uma ferramenta ampla para o desenvolvimento de aplicações multimídia.

Palavras-chave: Desenvolvimento de aplicações multimídia, Arquiteturas Orientadas a Serviço, Metadados, MPEG-7, MPEG-21 e Serviços Web.

ABSTRACT

Multimedia applications are characterized for demanding huge network and computing resources. Because these demands, the current development models always were based on highly specialized and integrated architectures. Thus, they present monolithic structures which limits reuse, as well requiring a lot of efforts to perform changes. This approach limits the development of complex and large scale multimedia applications. There are demand for development models for enabling larger scopes application, supporting scalable, flexible and ease programming applications. In this context this work proposes the conjugated use of Service Oriented Architectures and the MPEG-7 and MPEG-21 standards. It presents how these technologies can allow multimedia applications ease development, minimizing coasts and efforts. Besides, it is also showed how they answer for the raising and multiple demands for new multimedia applications types. This work motivation was to create a solution to support some additional requirements verified during the design of a Video Management Platform. Among the diversified issues treated in this work, it is presented how technologies supporting Service Oriented Architectures are positioned regarding multimedia applications development, and how they together MPEG-7 and MPEG-21 standards are being used to improve the Platform. It is also presented an analysis process for applying the principles of Service Orientation in the multimedia applications development. The aim is generalizing the presented solution to be applied in any multimedia application development. As result from the whole work, it can be verified that, although there are some issues to be covered, the technologies presented represent a complete tool for multimedia applications development.

Key-words: Multimedia application development, Service Oriented Architectures, Metadata, MPEG-7, MPEG-21 and Web Services.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Usuários e componentes da Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV	16
Figura 2 - Visão detalhada dos elementos da plataforma.....	19
Figura 3 – Camadas de serviço de uma solução SOA (ERL, 2005).....	28
Figura 4 – Núcleo do Framework Web Services.....	30
Figura 5 – Composição dinâmica de serviços baseada em múltiplos atributos	33
Figura 6 – Escopo MPEG-7 (ISO/IEC 15938-1, 2002)	42
Figura 7 – Esquemas de descrição multimídia (ISO/IEC 15938-1, 2002)	44
Figura 8 – Elementos de uma transação MPEG-21 (ISO/IEC 21000-1, 2004).....	45
Figura 9 – Elementos do DID e relacionamentos (BEKAERT; SOMPEL, 2005).....	48
Figura 10 – Exemplo de uso do DII	49
Figura 11 - Arquitetura DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004).....	50
Figura 12 – Cenários de integração e composição de novos serviços para a RNP	54
Figura 13- Descritores disponibilizados pelo serviço.....	56
Figura 14 – Disponibilização de metadados para montagem de grade de programação.....	57
Figura 15 – Workflow para composição de política de personalização	58
Figura 16 - Workflow para indexação da mídia.....	59
Figura 17 – Escalabilidade com distribuição de serviços entre múltiplos servidores	60
Figura 18 – Descentralização com interoperabilidade com múltiplos repositórios.....	61
Figura 19 – Alteração da arquitetura	62
Figura 20 – Visões tratadas no trabalho	63
Figura 21 – Visão geral das tecnologias tratadas e seu escopo	64
Figura 22 – Descritores para informações de preferências de usuários	65
Figura 23 – Uso do DID para encapsulamento de informações de conteúdos multimídia	66
Figura 24 - Tecnologias de suporte	67
Figura 25- Grupos funcionais de uma aplicação multimídia.....	72
Figura 26 – Exemplo de cenário de indexação e preparação de mídia.....	79
Figura 27 – Exemplo de cenário de personalização de conteúdo.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cenários considerados para identificação de operações a serem suportadas	74
Tabela 2 – Associação entre serviços e operações especificadas	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPEL	Business Process Execution Language
BPEL4WS	Business Process Execution Language for Web Services
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
DCOM	Distributed Component Object Model
DDL	Description Definition Language
DI	Digital Item
DIA	Digital Item Adaptation
DID	Digital Item Declaration
DII	Digital Item Identification
DIP	Digital Item Processing
DRM	Digital Rights Management
DS	Description Schemes
GT	Grupo de Trabalho
GTGV	Grupo de Trabalho em Gerencia de Vídeo
GTVD	Grupo de Trabalho de Vídeo Digital
GT-Med 2	Grupo de Trabalho de Medições 2
HTTP	Hypertext Transport Protocol
IDE	Integrated Development Environment
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	Internet Protocol
IPMP	Intellectual property management and protection
ISO	International Organization for Standardization
ISRC	International Standard Recording Code
ISWC	International Standard Musical Work
ITU	International Telecommunication Union
LOM	Learning Object Metadata
MDS	Multimedia Description Schemes
MPEG	Moving Picture Experts Group

MTOM	Message Transmission Optimization Mechanism
OASIS	Organization for the Advanced of Structured Information Standards
QoS	Qualidade de Serviço
RDD	Rights Data Dictionary
REL	Rights Expression Language
RMI	Remote Method Invocation
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
RPC	Remote Procedure Call
RTSOA	Real Time SOA
RVD	Rede de Vídeo Digital
SLA	Service Level Agreement
SO	Service Offering
SOA	Service Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SwA	SOAP with Attachments
TLS	Transport Layer Security
UDDI	Universal Description Discovery and Integration
UDDIe	UDDI extension
URI	Uniform Resource Identifier
VoIP	Voice over IP
WS	Web Service
WSDL	Web Services Description Language
WSOI	Web Service Offerings Infrastructure
WSOL	Web Service Offerings Language
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXtended Markup Language
XrML	eXtensible Rights Markup Language

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Objetivo	12
1.2	Justificativas e Motivações.....	13
1.3	Organização do Documento	14
2	Plataforma de Gerência de Vídeo.....	15
2.1	Grupos de Trabalho da RNP.....	15
2.2	Grupo de Trabalho em Gerência de Vídeo (GTGV)	15
2.2.1	Principais funcionalidades.....	17
2.2.2	Restrições e melhorias	20
2.3	Considerações.....	22
3	Tecnologias para o Desenvolvimento de Aplicações Multimídia.....	23
3.1	Introdução.....	23
3.2	Composição de Serviços.....	25
3.2.1	Arquiteturas Orientadas a Serviço.....	26
3.2.2	Aplicação de Tecnologias SOA no Domínio Multimídia	31
3.3	Interoperabilidade Semântica	40
3.3.1	MPEG-7.....	41
3.3.2	MPEG-21	44
3.3.3	Considerações.....	52
4	Desenvolvimento de Aplicações Multimídia Baseadas em SOA e nos Padrões MPEG-7 e MPEG-21.....	53
4.1	Aplicação de SOA e dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 no desenvolvimento dos projetos da RNP.....	53
4.1.1	Modelo de integração	54
4.2	Otimização da Plataforma de Gerência de Vídeo.....	55
4.2.1	Disponibilização de metadados para montagem de grade de programação	55
4.2.2	Melhoria do suporte a personalização de funcionalidades	58
4.2.3	Mecanismo de indexação de vídeos	59
4.2.4	Descentralização de informações de usuários e suas preferências.....	60
4.3	Considerações.....	61

5	Generalização do Procedimento de Análise para Implementação de Aplicações Multimídia	64
5.1	Uso dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 em SOA	64
5.2	Tecnologias de Serviços Web no desenvolvimento de aplicações multimídia	66
5.3	Processo para aplicação de SOA no desenvolvimento de aplicações multimídia....	68
5.4	Análise.....	69
5.4.1	Decomposição dos processos de negócios	69
5.4.2	Identificação de operações candidatas.....	73
5.4.3	Abstração da lógica de orquestração	76
5.4.4	Identificação de serviços	76
5.4.5	Refinamento	78
5.4.6	Mapeamento entre serviços, operações e cenários	79
5.5	Considerações.....	80
6	Considerações Finais	82
6.1	Contribuições do Trabalho	82
6.2	Trabalhos Futuros	83
	Referências	84
	Apêndice A - Detalhamento de operações	89
	Anexo A - RTSOA	93
	Anexo B - Mapeamento de Descritores MPEG.....	95
	Anexo C - Exemplo WSOL.....	100
	Anexo D – Segurança no MPEG-21	101

1 Introdução

Desde o surgimento da Internet, até hoje, diversas transformações ocorreram e diversos foram os reflexos destas alterações. Do acesso fácil a qualquer tipo de informação, da possibilidade de interação entre pessoas localizadas em diferentes lugares do mundo, ou mesmo, alterando hábitos simples, são indiscutíveis os efeitos dessas transformações na vida das pessoas.

Nesse processo de transformações, há muito tempo se fala do termo convergência, com acesso a dados, voz e vídeo de modo unificado. Nos últimos anos as tecnologias convergentes têm possibilitado o crescente desenvolvimento e uso de aplicações multimídia. Esse termo deixou de ser um desejo, para ser mais que uma realidade. Uma realidade que tem refletido em aplicações de sucesso como VoIP (Voice over IP) e, mais recentemente, os ambientes de compartilhamento de vídeos, que têm posto inclusive em discussão o futuro da televisão. O volume gerado, e a velocidade como novos conteúdos multimídia são disponibilizados, assumiu no cenário corrente proporções de grandezas impressionantes.

É no contexto dessa transformação que se apóia e que está uma das justificativas da elaboração deste trabalho, propor o uso de novas tecnologias de maneira a otimizar o desenvolvimento de novas aplicações multimídia, diminuindo custo e esforço de implementação e que, ao mesmo tempo, seja ampla e flexível o bastante, de forma a suprir as crescentes e diversificadas demandas por novos tipos de aplicações multimídia.

1.1 Objetivo

Requisitos importantes do ponto de vista arquitetural, como flexibilidade para alterações e melhorias, não são contemplados pelas abordagens tradicionais de desenvolvimento de aplicações multimídia. As soluções correntes apresentam estruturas monolíticas que dificultam a agregação de novas funcionalidades, bem como reuso de componentes. Consistem em soluções inflexíveis, que demandam alto nível de esforço para a realização de alterações (NAHRSTEDT; BALKE, 2004).

Outro aspecto limitante das soluções correntes é que cada implementação existente adota um modelo próprio para descrição dos conteúdos multimídia (metadados). Estas informações são utilizadas para auxiliar no processo de manipulação e gerência dos conteúdos multimídia. A não adoção de um modelo de descrição padronizado acaba se transformando em uma barreira para a interoperabilidade das aplicações. Para que duas delas interajam, não basta que exista uma interface padronizada entre elas, o entendimento em relação às informações manipuladas deve ser o mesmo.

Neste contexto, este trabalho propõe a adoção de arquiteturas orientadas a serviços (do inglês, *Service Oriented Architectures*, SOA) e de metadados padronizados para desenvolvimento de aplicações multimídia avançadas. O objetivo é demonstrar, como conjuntamente, essas tecnologias podem responder às limitações arquiteturais e problemas de interoperabilidade semântica citado.

1.2 Justificativas e Motivações

Aplicações multimídia caracterizam-se pela necessidade de grandes recursos computacionais e de rede, requerendo implementações otimizadas. Dada estas demandas, os modelos de desenvolvimento sempre consideraram aplicações altamente especializadas e integradas. Qualquer outro tipo de abordagem não conseguiria atender aos requisitos necessários para uma aplicação multimídia.

Apesar da existência de outros modelos arquiteturais mais flexíveis, baseado em modelos de operação distribuídos, era impensável até então, adotá-las no desenvolvimento de aplicações multimídia. No contexto recente, com o grande desenvolvimento tanto na área de processamento de informações, como na de redes de computadores, trilhar por outras opções de solução já não mais representa uma utopia. A justificativa por trás deste trabalho é explorar todo este ambiente altamente propício, integrando SOA e os padrões MPEG-7 e MPEG-21 para compor uma ferramenta completa para desenvolvimento de aplicações multimídia.

Com relação ao trabalho realizado, o principal motivador na elaboração do mesmo, foi a proposição de uma implementação que atendesse a alguns requisitos adicionais verificados ao longo do desenvolvimento do projeto de uma Plataforma de Gerência de Vídeo (KULESZA et al., 2006, 2007) que está sendo desenvolvido junto à RNP¹ (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) pelo GTGV2 (Grupo de Trabalho em Gerência de Vídeo). Seria impossível ou muito difícil suportar alguns desses novos requisitos da forma como a mesma foi concebida inicialmente. Parte da plataforma mencionada, assim como sua otimização, corresponde a um dos principais resultados deste trabalho de mestrado.

¹ RNP. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.rnp.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2006.

² GTGV. Grupo de Trabalho em Gerência de Vídeo. Disponível em: <<http://gtgv.larc.usp.br.br/>>. Acesso em: 21 jan. 2006.

1.3 Organização do Documento

No capítulo 2, é apresentado o trabalho do GTGV, detalhando a Plataforma de Gerência de Vídeo em desenvolvimento. Nele, são apresentados os problemas e limitações da implementação corrente, que vieram por resultar na proposta apresentada.

No capítulo 3 são expostos os problemas das aplicações multimídia correntes e, são apresentados os estudos que foram realizados referentes aos principais conceitos e tecnologias que sustentam o trabalho. O objetivo do capítulo é mostrar sob a visão conceitual e tecnológica, os benefícios do uso das tecnologias apresentadas. Inicialmente são apresentadas as tecnologias que dão suporte a SOA, demonstrando como as mesmas se posicionam frente a requisitos importantes para o desenvolvimento de aplicações multimídia. Em seguida, apresenta-se a importância de um modelo semântico comum e como os padrões MPEG-7 e MPEG-21 suportam estas e outras questões essenciais no desenvolvimento de aplicações multimídia.

No capítulo 4, apresenta-se como as tecnologias propostas podem e estão sendo utilizadas dentro do contexto do projeto do GTGV, tratando limitações verificadas ao longo do desenvolvimento do mesmo. Dando seqüência, o capítulo 5 mostra como as tecnologias propostas para atender as necessidades do GTGV podem ser utilizadas de forma ampla, suportando o desenvolvimento de qualquer aplicação multimídia. Entre outras coisas, é proposto um processo de modelagem de aplicações multimídia segundo os princípios de orientação a serviço. Finalizando, no capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, bem como as propostas de futuros trabalhos a serem desenvolvidos.

2 Plataforma de Gerência de Vídeo

A RNP é responsável pela rede que interliga as principais instituições de ensino e pesquisa do país. A rede foi criada para suportar o desenvolvimento de novas aplicações e serviços promovendo o desenvolvimento tecnológico na área de redes. É nesse contexto que está inserido o projeto do GTGV, desenvolvendo uma plataforma para gerenciar a distribuição de vídeo em toda a rede da RNP.

2.1 Grupos de Trabalho da RNP

Os projetos desenvolvidos pela RNP através dos GTs (Grupos de Trabalho) iniciaram-se a partir de 2002, tendo resultado desde então, no desenvolvimento de 23 projetos distintos de um total de 33 projetos. Destes 23 projetos, 16 tratam de serviços associados ao domínio de aplicações multimídia.

Somente para citar, são indicados a seguir alguns projetos desenvolvidos que têm forte relacionamento ou potencial de aplicação dentro do domínio multimídia: Voz sobre IP (VoIP), Vídeo Digital, Computação colaborativa (P2P), Qualidade de serviço, Medições, *Multicast* confiável, Armazenamento em rede, IP TV, Visualização remota e a Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV.

2.2 Grupo de Trabalho em Gerência de Vídeo (GTGV)

O objetivo do projeto do GTGV é a investigação, especificação e desenvolvimento de um sistema de gerência de vídeo baseado na infra-estrutura da rede RNP. No trabalho em desenvolvimento, os requisitos foco são o desenvolvimento de mecanismos de publicação e indexação de vídeos, busca e recuperação de conteúdo e configuração, monitoramento e controle da infra-estrutura de rede, bem como aplicações responsáveis pela distribuição do conteúdo multimídia. Para o mesmo, são suportados quatro tipos de usuários:

- **Cliente:** representando os usuários finais do sistema, que podem realizar busca, navegação e consumo de conteúdos multimídia;
- **Provedor de Conteúdo:** responsável pela disponibilização e publicação (indexação e configuração de permissões de acesso) de conteúdo multimídia (vídeo sob demanda ou vídeo ao vivo);
- **Administrador:** tem a função de administrar as contas de usuários, seus privilégios, conteúdos e todas as questões associadas à camada de negócios, definindo, por exemplo, as políticas de publicação de conteúdo. Além de ser

responsável pelas configurações geral do Portal de Vídeo, o administrador tem também acesso a relatórios com informações sobre o uso do mesmo;

- **Gerente:** trata todas as funcionalidades relacionadas à configuração e monitoração dos serviços multimídia, bem como elementos de rede que compõem a rede de distribuição de vídeo.

Os principais elementos que compõem a plataforma são:

- **Portal de Acesso:** representa a interface com os usuários, através da implementação de uma interface gráfica baseada em tecnologia Web;
- **Gerente:** compreende a base da plataforma, com a implementação de diversos mecanismos de suporte para o domínio de gerenciamento de serviços multimídia (por exemplo, controle de permissões, mecanismos para publicação e busca de mídias e, configuração, monitoração e coordenação de servidores e aplicações e rede de distribuição de conteúdo);
- **Serviço de Transmissão:** representa um conjunto de aplicações distribuídas na rede da RNP e que formam uma rede sobreposta (do inglês, *overlay network*) de distribuição de vídeo;
- **Repositórios de Gerência:** persistência dos cadastros de entidades do sistema, metadados das mídias, configurações, políticas e estatísticas no banco de dados de gerência;
- **Repositório de Mídias:** persistência dos arquivos das mídias.

A Figura 1 apresenta os usuários, seus elementos e as principais tecnologias utilizadas.

Figura 1 – Usuários e componentes da Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV

2.2.1 Principais funcionalidades

A Plataforma de Gerência de Vídeo, do ponto de vista funcional, pode ser dividida em dois grupos. Um grupo compreendendo as funcionalidades associadas ao processo de publicação e consumo de conteúdo, e o grupo com as funcionalidades associadas à gerência de todo o ambiente. A seguir são descritas as principais funcionalidades associadas a cada um desses grupos.

2.2.1.1 Publicação, Busca e Acesso ao Conteúdo

As principais funcionalidades associadas ao processo de publicação e consumo de conteúdo são:

- **Upload e indexação de vídeo:** o sistema possui mecanismos de *upload* e indexação semi-automatizada do vídeo a ser disponibilizado. Após o *upload*, as mídias são processadas e são extraídos descritores de baixo nível. Esse mecanismo visa facilitar o processo de indexação. Para finalizar o processo, o provedor do conteúdo deve cadastrar informações gerais da mídia (descritores de alto nível) e definir que usuários ou grupos de usuário e ou projetos poderão visualizar a mídia;
- **Agendamento de transmissão de vídeos ao vivo:** o sistema implementa mecanismos de agendamento de transmissão de vídeos ao vivo, os quais são publicados através do Portal. O processo de agendamento de uma transmissão baseia-se no cadastro de metadados da transmissão e, na definição dos usuários, grupos de usuário e ou projetos que poderão visualizar a transmissão de vídeo;
- **Busca e visualização de mídias:** são disponibilizadas duas formas de busca, uma simples, baseada em palavras-chave e outra avançada, baseada em características dos vídeos tal como formato, qualidade e taxa de transmissão. A busca avançada permite incluir parâmetros para personalização da busca. Consiste em agregar à busca, informações de preferências pré-cadastradas pelos usuários (seguindo o padrão MPEG-7), bem como informações contextuais referentes à rede e terminal de acesso dos mesmos (modelados segundo o padrão MPEG-21). Após a busca, uma vez selecionada, a mídia é transmitida para o usuário. Para uso otimizado da rede, a distribuição de vídeo é realizada através de uma rede sobreposta que provê suporte a um mecanismo de *multicast* em camada de aplicação. A distribuição de

vídeo não é escopo do trabalho realizado pelo GTGV, sendo a rede sobreposta de distribuição de vídeo resultado do trabalho de outro grupo de trabalho³.

2.2.1.2 Gerenciamento

- **Gerenciamento de usuários, grupos e projetos:** além do cadastro de usuários, podem ser cadastrados grupos de usuários e projetos que tenham interesses comuns na publicação (pública ou privada) de vídeos. O sistema suporta também diversos níveis de privilégios. Existe, por exemplo, a possibilidade de definir que usuários podem fazer *upload* de vídeo, que usuários podem publicar vídeos diretamente no portal e que usuários demandam a aprovação do Administrador para que os vídeos cadastrados no sistema possam ser publicados. Dentro dos grupos e projetos também são suportados diversos níveis de privilégios. Existem usuários, por exemplo, que podem associar vídeos a um grupo, outros usuários só podem visualizar vídeos, não podendo publicar vídeos no contexto do grupo.
- **Gerenciamento de serviços⁴:** existe a possibilidade de incluir e alterar diversos parâmetros de configuração dos serviços, bem como gerar estatísticas com histórico de uso e acesso para cada serviço. Adicionalmente, a solução provê um mecanismo para controle e monitoração de sessões de distribuição de vídeos nos serviços.
- **Gerenciamento de servidores:** existem mecanismos para possibilitar a monitoração de eventos provenientes dos servidores nos quais os serviços estiverem operando.
- **Gerenciamento de elementos de rede:** a plataforma possibilita a monitoração de eventos provenientes dos elementos de rede em que os servidores estão conectados para oferecer os serviços.

Segue na Figura 2, uma visão mais detalhada dos elementos do sistema. A partir da mesma, é possível ter uma visão das funcionalidades oferecidas pela plataforma. Como se pode observar, a Plataforma de Gerência de Vídeo tem escopo amplo, envolvendo funcionalidades diversificadas. O escopo de todo o trabalho desenvolvido no contexto do

³ A rede sobreposta de distribuição de vídeo, ou Rede Digital de Vídeo (RVD), como é chamada pela RNP é resultado de trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Trabalho de Vídeo Digital (GTVD).

⁴ Serviços dentro do contexto da plataforma de gerência de vídeo, é o termo utilizado para denominar as aplicações de distribuição de vídeo (DVod e DLive) responsáveis pela distribuição das mídias aos usuários. São estes serviços que formam a rede sobreposta de distribuição de vídeo, provendo *multicast* em camada de aplicação.

mestrado compreende a caixa indicada logo acima na figura. Em branco estão indicados os blocos funcionais associados aos casos de uso e exemplos tratados no texto. Referem-se a funcionalidades associadas aos blocos funcionais de consumo, busca, personalização, publicação e controle. São cobertas também questões associadas ao acesso das informações dos repositórios de dados.

Figura 2 - Visão detalhada dos elementos da plataforma

Além de prover as funcionalidades apresentadas, um dos objetivos do GTGV no desenvolvimento da plataforma, foi procurar reaproveitar e integrar trabalhos desenvolvidos por dois outros GTs, agregando suas funcionalidades à plataforma. Estes estão representados na figura de forma simplificada.

Para a transmissão dos vídeos publicados através da plataforma são utilizados os serviços desenvolvidos pelo GTVD (Grupo de Trabalho de Vídeo Digital) (BATISTA et al., 2005), que consistem em dois sistemas: um para a transmissão de vídeos sob-demanda (DVod), e outro para transmissão dos vídeos ao vivo (DLive).

Para dar suporte a algumas funcionalidades de monitoramento dos elementos de rede e de sistema, estão sendo utilizados os serviços de medição desenvolvidos pelo GT-Med 2 (Grupo de Trabalho de Medições 2) (SAMPAIO et al., 2006).

2.2.2 Restrições e melhorias

Apesar do sucesso alcançado com o desenvolvimento de todas as funcionalidades de gerência indicadas na seção anterior, com alguns requisitos adicionais que surgiram, verificou-se algumas restrições na plataforma. De modo a fornecer uma solução que resolvesse os problemas observados, e que atendesse a esses requisitos adicionais, veio a motivação para uma otimização do sistema. A seguir tais limitações são detalhadas e discutidas.

2.2.2.1 Descentralização

A plataforma atual foi desenvolvida tendo em vista uma solução de gerência centralizada. Alguns componentes podem até estar fisicamente dispersos, no entanto, só pode existir uma única instância de cada um destes operando em um dado momento.

Por exemplo, o processo de indexação semi-automatizado é realizado unicamente por um componente. Não existem mecanismos para distribuir este tipo de processamento entre múltiplas máquinas, melhorando a escalabilidade dessa operação.

Outro exemplo é no que se relaciona ao componente responsável pelo cálculo da rota através do qual um vídeo deve ser transportado ao longo da rede sobreposta de distribuição. O componente em questão, é responsável por definir com base nas informações da localização do usuário, da informação do servidor no qual o vídeo está armazenado e dos servidores de redistribuição e cache de vídeos, qual a melhor rota para a transmissão do vídeo ao usuário.

Na implementação inicial, caso o componente seja comprometido por alguma razão nenhuma requisição de vídeo é atendida até que o componente volte a operar normalmente. Isso representa um ponto crítico em relação à confiabilidade da plataforma.

Um dos aspectos a serem melhorados é prover uma solução mais distribuída, aumentando a robustez e escalabilidade da plataforma. A adoção das propostas apresentadas neste trabalho viabilizaria esta descentralização.

Logicamente a alteração para uma abordagem distribuída, dependendo da funcionalidade, pode exigir uma remodelagem profunda e não somente a replicação do componente responsável por realizar a tarefa.

Em alguns casos, pode ser até inviável distribuir uma atividade entre múltiplos serviços, por exemplo, atividades associadas à manipulação de informações que não poderiam ser compartilhadas por mais de uma entidade ao mesmo tempo.

O fato é que, adotando um modelo de desenvolvimento orientado a serviço, fica bem mais fácil deixar a plataforma mais escalável, com a mesma operação podendo ser realizada por múltiplos serviços, operando em máquinas distintas.

2.2.2.2 Uso isolado dos metadados

Apesar de na plataforma atual as informações manipuladas terem sido modeladas segundo os padrões MPEG-7 e MPEG-21, as mesmas estão sendo utilizados de forma isolada. Não existem meios de acesso a estes metadados, somente a plataforma de gerência corrente é usuária das informações persistidas.

Nesse contexto, é importante que sejam definidos mecanismos para expor essas informações, definindo interfaces de acesso às mesmas. Isso possibilitaria, entre outras coisas, um modelo de repositórios distribuídos.

Se toda a plataforma fosse modelada segundo os princípios de orientação a serviço, não somente poderia ser possível disponibilizar as informações da plataforma de forma mais fácil para outros sistemas, como também seria possível à mesma utilizar informações de repositórios externos, integrando-se ou interagindo com outras soluções.

As vantagens deste tipo de abordagem viriam da facilidade de integração de diferentes soluções do ponto de vista de desenvolvimento como do ponto de vista semântico, explorando já o fato de estarem sendo utilizados metadados definidos segundo os padrões MPEG-7 e MPEG-21.

As informações que foram modeladas segundo os padrões MPEG-7 e MPEG-21 se encontram listadas no Anexo B. Tratam-se informações referentes a usuários, suas preferências, perfis de acesso e histórico de uso e, metadados das mídias.

2.2.2.3 Melhoria do modelo de personalização

Na Plataforma, as informações de preferências e perfis do usuário são utilizadas para prover suporte à personalização somente no processo de busca das mídias. Quando o usuário solicita as mídias disponíveis, o sistema considera informações estáticas pré-cadastradas pelo

usuário, filtrando aquelas de maior interesse ao respectivo usuário. Outra limitação é que a política de personalização da busca se baseia somente em informações estáticas⁵.

Um exemplo de melhoria para o modelo atual seria prover uma solução que permita a personalização de maior conjunto de funcionalidades oferecidas e que as mesmas fossem baseadas não somente em parâmetros estáticos, mas também em informações obtidas de forma dinâmica. Por exemplo, utilizando informações contextuais, compondo o que os autores em (ARSANJANI; RAMANATHAN, 2006) chamam de serviços conscientes de contexto (do inglês, *context-aware services*). Outra característica interessante, é que a solução também permita um modelo de política de personalização configurável. Esta flexibilidade em termos de escopo e política de personalização seria viabilizada dentro das propostas apresentadas no trabalho, através de mecanismos de orquestração de serviços.

2.3 Considerações

Pelas questões apresentadas, existe uma série de aspectos não adequadamente tratados ou suportados pela implementação corrente. Diante dos requisitos gerais levantados, este trabalho explora novos conceitos e tecnologias de forma a compor uma solução que atenda às questões apresentadas. Nos próximos capítulos, é apresentado um estudo compreendendo os elementos que dão suporte à solução proposta.

⁵ Os parâmetros considerados no mecanismo de personalização se encontram enumerados no Anexo B. Tratam-se dos descritores para descrição de características de rede, características de terminais (da especificação do MPEG-21) e de preferências dos usuários (do MPEG-7).

3 Tecnologias para o Desenvolvimento de Aplicações Multimídia

3.1 Introdução

As aplicações multimídia correntes apresentam uma estrutura monolítica que limita o reuso, bem como exigem grande esforço para realização de alterações (NAHRSTEDT; BALKE, 2004). Este tipo de abordagem limita e dificulta o desenvolvimento de soluções multimídia complexas e de larga escala. Dentro do contexto corrente, existe uma demanda por modelos de desenvolvimento que consigam atender escopos cada vez mais amplos, possibilitando um maior grau de penetração não somente sob o aspecto tecnológico (diferentes redes), mas também sob o ponto de vista do usuário final, atendendo múltiplos dispositivos.

Esta é a linha defendida por (NAHRSTEDT; BALKE, 2004) com a proposição de uma abordagem de desenvolvimento de aplicações baseada na composição de serviços distribuídos. “A próxima geração de aplicações multimídia que está emergindo demandará atender à composição de serviços, de forma a suportar soluções escaláveis, flexíveis e de fácil programação”. Outro trabalho que também defende um modelo orientado a serviços para desenvolvimento de aplicações multimídia é (ZHANG; CHUNG, 2002). Neste trabalho, os autores exploram o aspecto da flexibilidade da solução. Em específico é tratado o suporte à personalização de conteúdo que pode ser feito com base em restrições e interesses específicos de cada usuário.

Também propondo um novo modelo arquitetural para desenvolvimento de aplicações multimídia (KALASAPUR; KUMAR; SHIRAZI, 2005), dentro do contexto de redes pervasivas⁶, descrevem as limitações da adoção de uma arquitetura cliente-servidor. O trabalho tem foco em modelos de composição de serviços de forma a otimizar o uso dos recursos disponíveis. Uma das principais argumentações é a heterogeneidade das redes pervasivas e como uma solução orientada a serviços se mostra mais flexível para atender as diferentes demandas destas redes.

Um aspecto que deve ficar claro é que esses trabalhos não significam que as soluções desenvolvidas até então tenham trilhado um direcionamento inadequado, pelo contrário. Houve motivações históricas para isso. Aplicações multimídia exigem alto grau de integração, demandando muito em recursos, seja de armazenamento, rede e processamento. Isso reflete nas arquiteturas monolíticas adotadas até então (ZIMMERMANN, 2005).

⁶ A palavra *pervasiva* é um neologismo amplamente adotado para referenciar a palavra de língua inglesa *pervasive*. Alguns autores utilizam a tradução direta da palavra: permeada ou impregnante.

Ocorre, no entanto, que muitas questões até então mal resolvidas já se encontram devidamente tratadas (codecs de alto desempenho e escaláveis, mecanismos de QoS, protocolos de entrega de conteúdos com requisitos de tempo real) (NAHRSTEDT; BALKE, 2005). Nesse contexto, conjuntamente com o maior grau de maturidade alcançada pelas tecnologias da área de desenvolvimento de sistemas distribuídos, reflete em um ambiente altamente favorável para os trabalhos descritos.

Com relação aos trabalhos apresentados, os mesmos se caracterizam por explorar ou analisar aspectos pontuais de arquiteturas orientadas a serviço. Não há trabalhos, entretanto, que abordam a adoção de arquiteturas orientadas a serviços dentro do domínio multimídia de forma ampla, tratando questões como processo de desenvolvimento e modelagem, ao mesmo tempo se propondo a fazer uma análise profunda a respeito de benefícios e grau de aplicabilidade deste modelo arquitetural e tecnologias envolvidas. Este é um dos objetivos deste trabalho.

Para explorar adequadamente os benefícios da adoção de uma abordagem orientada a serviços, conseguindo entre outras coisas, um alto grau de reuso de serviços multimídia, deve existir uma padronização não só das interfaces de comunicação destes serviços, mas também das informações manipuladas pelos mesmos. Ou seja, para a adoção de um modelo arquitetural baseado em serviços, é importante que exista também interoperabilidade semântica das informações sendo processadas. Resumidamente, dois serviços devem possuir um entendimento comum a respeito da informação trocada entre eles.

Soluções proprietárias apresentam formas distintas de representação e descrição de conteúdos multimídia, resultando em pouca ou nenhuma compatibilidade entre sistemas (VAN OSSENBRUGGEN; NACK; HARDMAN, 2003). Esse requisito de entendimento comum não é uma demanda que se restringe ao domínio das aplicações multimídia, mas uma necessidade que se estende a qualquer campo da ciência (ATARASHI; KISHIGAMI; SUGIMOTO, 2003). De forma a prover esta interoperabilidade semântica, existem diversos trabalhos com esforços neste sentido. São os chamados grupos de especificação de metadados. Metadados é a terminologia utilizada para fazer referência a modelos de descrição.

Existem várias especificações de metadados, cada qual voltada para um domínio (área da ciência) ou escopo de aplicação distinto. No trabalho de (ATARASHI; KISHIGAMI; SUGIMOTO, 2003) são apresentados diversas atividades de especificação de metadados.

Alguns exemplos citados pelos autores: Dublin Core (DCMI, 2006), Learning Object Metadata (LOM) (LOM, 2002), MPEG-7, MPEG-21 e TV-Anytime⁷.

Dentro da comunidade multimídia, extensivos trabalhos vêm sendo realizados no que se relaciona à padronização semântica dos dados e já existem padrões sofisticados para a descrição de conteúdo multimídia (NAHRSTEDT; BALKE, 2005). A adoção de um padrão de metadados é levantada pelos mesmos autores como requisito essencial para possibilitar e facilitar seu processamento por múltiplos serviços.

Apesar de corresponder a um assunto que não faz parte do escopo direto deste trabalho, um tópico importante que vale ser lembrado no contexto da discussão aqui apresentada, é o que se chama de Web Semântica. Consiste em um esforço promovido pela W3C (*World Wide Web Consortium* – W3C) para o desenvolvimento de ferramentas e padrões que possibilitem atribuir significados precisos aos conteúdos Web, facilitando sua publicação e acesso (ASIRELLI, et al., 2005). Todos estes esforços vêm reforçar ainda mais a importância de mecanismos para prover métodos que permitam uma maior interoperabilidade semântica das informações disponibilizadas. Este é alias um dos aspectos levantados por (NAHRSTEDT; BALKE, 2005), que destacam como um dos grandes requisitos, no que se refere à área de semântica de dados multimídia, a adoção de um padrão de metadados, de forma a possibilitar e facilitar seu processamento por múltiplos serviços.

Este é um dos objetivos do trabalho, com a apresentação de uma abordagem de desenvolvimento que alia os esforços tanto da comunidade multimídia e de software, para prover uma solução altamente interoperável seja em nível arquitetural como semântico, possibilitando o desenvolvimento de aplicações avançadas. Por aplicações avançadas, estão sendo consideradas neste trabalho, aplicações que apresentem características ou suportem aspectos como: ser distribuída, escalável, flexível e com suporte a ambientes heterogêneos e personalizáveis.

3.2 Composição de Serviços

Diante das limitações apontadas anteriormente no que se refere às soluções arquiteturais adotadas até então, esta seção apresenta inicialmente os conceitos essenciais associados a arquiteturas orientadas a serviço, de forma a mostrar como este tipo de arquitetura se alinha aos objetivos da proposta deste trabalho, suportando os problemas que se propõe a atender. Em seguida é apresentada uma análise extensiva a respeito das tecnologias

⁷ TV-Anytime Forum. Portal de acesso para informações gerais da especificação. Disponível em: <<http://www.tv-anytime.org/>>. Acesso em: 12 mar. 2006.

SOA existentes. O objetivo, nesta segunda parte, é fazer uma análise do grau da aplicabilidade, no contexto de desenvolvimento de aplicações multimídia, das tecnologias que dão suporte ao desenvolvimento de soluções baseadas em SOA.

3.2.1 Arquiteturas Orientadas a Serviço

Segundo (MACHADO, 2004), não existe uma definição consensual a respeito do que representa exatamente uma arquitetura orientada a serviços, sendo o termo serviço muitas vezes confundido com os conceitos de componentes e contrato (os mesmos apresentam algumas características em comum). Capgemini, em (CAPGEMINI, 2005), faz uma análise profunda sobre a questão, abordando como o termo serviço é tratado de forma distinta dentro de cada ambiente e frente a diversos atores. Por exemplo, analistas de negócios têm uma visão distinta de um arquiteto de software sobre o que caracteriza um serviço.

Apesar de ainda não existir uma definição comum, as tecnologias de Serviços Web (do inglês, *Web Services*) tem influenciado no processo de uma definição mais amplamente aceita. Alguns aspectos que caracterizam soluções baseadas em SOA (MACHADO, 2004) e importantes a serem ressaltadas no contexto deste trabalho são:

- Reuso: possibilidade de reuso de um componente de software sem a necessidade de conhecer como o mesmo foi implementado. Possível através da definição de interfaces que determinam como estes componentes podem e devem ser acessados.
- Distribuição: novos serviços podem passar a compor dinamicamente a solução, ou elementos existentes podem ser alterados ou excluídos e cada um desses elementos pode estar fisicamente disperso.
- Heterogeneidade Ambiental: possibilidade de agregar serviços que foram desenvolvidos em diferentes linguagens e que rodam em plataformas distintas.
- Composição: possibilidade de compor aplicações através do reuso de código, conseguindo adequar-se a alterações e novos requisitos de maneira ágil sem a necessidade de modificações em códigos já constituídos.
- Coordenação: envolve sincronização, ordenação e temporização entre elementos.
- Dinamismo e Adaptabilidade: fácil adequação a alterações de requisitos e dinamicidade no sentido de não fazer referência direta a um serviço, mas à interface de um serviço, permitindo a alteração de um serviço, por outra implementação, sem afetar os clientes.

As características apresentadas vão de encontro aos requisitos que se objetiva atender neste trabalho, como possibilitar soluções distribuídas e flexíveis, demonstrando as potencialidades com a adoção deste modelo arquitetural. No que se refere a SOA (MACHADO, 2004; SAMPAIO, C., 2006), muitas outras definições podem ser encontradas na literatura. Apesar de diferenças nos termos utilizados, no geral, as definições são equivalentes entre si no que diz respeito às características primárias deste tipo de solução. Em (ERL, 2005) o autor faz uma análise mais contemporânea de SOA, apresentando características, bem como tendências verificadas nas aplicações que vêm sendo desenvolvidas pela indústria de software. Por serem características em muitos casos, relacionados a aplicações específicas de arquiteturas orientadas a serviço, estas não serão tratadas aqui.

Uma especificação recente da OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*) traz a seguinte definição para SOA. “[...] é um paradigma para organização e utilização de competências distribuídas que podem estar sob controle de diferentes domínios proprietários.” (OASIS, 2006, p.8). Pelas definições de SOA, pode-se verificar que ela não está associada diretamente a nenhuma tecnologia.

Do ponto de vista conceitual não existe aspecto inovador ou diferencial de SOA em relação a qualquer outro modelo de desenvolvimento distribuído já explorado. Por exemplo, soluções baseadas em tecnologias como CORBA (Common Object Request Broker Architecture)⁸, RMI (Remote Method Invocation)⁹ ou DCOM (Distributed Component Object Model)¹⁰. O que justifica e dá apoio à importância que SOA adquiriu foi o desenvolvimento de um conjunto de padrões que propiciaram um modelo arquitetural distribuído interoperável, suportadas pelas tecnologias de Serviços Web.

Ou seja, quando se fala em SOA, sob uma visão mais aplicada, acaba-se naturalmente fazendo uma amarração com as tecnologias de Serviços Web. Essa será a abordagem adotada neste trabalho. Deve ficar claro, entretanto, que o contrário não é sempre verdade. O uso das tecnologias de Serviços Web não implica que uma aplicação vai adquirir todos os benefícios oferecidos de um modelo arquitetural baseado em serviços, é necessário que seja feito um trabalho de modelagem segundo os princípios de orientação a serviço. Os principais grupos de padronização que contribuem para SOA são: W3C, OASIS e WS-I (*Web Services*

⁸ CORBA. Informações gerais do padrão. Disponível em: <<http://www.corba.org/>>. Acesso em: 21 mar. 2006.

⁹ RMI. Whitepaper. Disponível em: <<http://java.sun.com/javase/technologies/core/basic/rmi/whitepaper/index.jsp>>. Acesso em: 21 mar. 2006.

¹⁰ DCOM. Informações gerais da tecnologia. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/com/default.mspx>>. Acesso em: 21 mar. 2006.

Interoperability Organization) (ERL, 2005). Associado aos mesmos existe todo um esforço de inúmeras empresas para a promoção e desenvolvimento destes padrões¹¹.

Todos os fatores apresentados contribuíram para um ambiente altamente favorável, refletindo nas inúmeras iniciativas que se verificam no cenário corrente. Um dos objetivos deste trabalho é verificar os benefícios que podem ser obtidos, bem como as restrições correntes com a adoção de SOA no processo de desenvolvimento de aplicações multimídia.

3.2.1.1 *Desenvolvimento orientado a serviço*

Quando se está desenvolvendo uma aplicação fazendo uso das tecnologias de Serviços Web, concomitantemente se obtém parte das características associadas a SOA, como por exemplo, suporte a soluções distribuídas e a ambientes heterogêneos. Ocorre, no entanto, que para se obter de forma plena o que conceitualmente caracteriza uma solução SOA, é necessário adotar todo um processo de modelagem orientada a serviços, especificando-os de forma a possibilitar o máximo reuso e autonomia (fraco acoplamento) dos mesmos (ERL, 2005).

Neste contexto, os serviços que compõem uma solução SOA podem ser divididos em camadas, cada qual compreendendo um conjunto de serviços com papéis comuns dentro da arquitetura. (ERL, 2005) propõe a abstração dos serviços em três camadas (Figura 3):

Figura 3 – Camadas de serviço de uma solução SOA (ERL, 2005)

- **Aplicação:** serviços específicos desenvolvidos com o objetivo de prover funções de propósitos gerais, de forma a possibilitar maior reuso. Compreende serviços novos ou serviços criados para acoplar aplicações legadas;
- **Negócios:** compreende serviços que encapsulam em sua implementação aspectos associados a uma determinada lógica de negócio;

¹¹ OPEN SOA. Atividades realizadas pelas empresas que promovem SOA. Disponível em: <<http://www.osoa.org/>>. Acesso em: 21 nov. 2006.

- Orquestração: responsável pelo controle do *workflow* (orquestração) dos serviços, através da modelagem dos processos de negócio. Realizado através de linguagens de orquestração, como por exemplo, a Business Process Execution Language for Web Services (BPEL4WS).

A separação proposta por Erl considera um isolamento dos serviços segundo seu papel dentro da aplicação a ser desenvolvida. O objetivo é limitar claramente o escopo de atuação de cada serviço. O processo de abstração das camadas de serviço é uma etapa importante durante a fase de análise do desenvolvimento de uma solução SOA, auxiliando na modelagem dos serviços.

3.2.1.2 *Tecnologias SOA*

Como descrito, quando se estuda SOA sob uma visão mais aplicada, automaticamente é feita a associação às tecnologias de Serviços Web, sendo o uso e desenvolvimento amplo destes padrões o principal vetor para o sucesso deste modelo arquitetural. Assim, estudar SOA, implica conhecer o *Framework* Web Services.

Os padrões de Serviços Web podem ser divididos em dois grupos (ERL, 2005): um primeiro grupo de padrões amplamente aceitos e utilizados, que formam o núcleo do *framework* Web Services, e um segundo grupo, que corresponde a uma segunda geração de especificações, também conhecidas como especificações WS-*, que definem propostas de extensões ao *framework*. Estas extensões tratam de requisitos ou domínios não considerados inicialmente nas especificações do núcleo do *framework* (ex. segurança). Segue uma breve apresentação dos padrões e protocolos que formam o núcleo do *framework* Web Services.

- WSDL (Web Services Description Language - WSDL): padrão W3C, consiste em um documento baseado em XML (eXtended Markup Language - XML) que descreve a interface de acesso de provedor de serviço. Provê uma definição formal da interface do serviço, de forma que os clientes que desejam se comunicar com os provedores de serviço saibam como estruturar as mensagens de requisição de serviços, além de estabelecer a localização física (endereço) do serviço (ERL, 2005).
- UDDI (Universal Description, Discovery and Integration - UDDI): padrão especificado pelo OASIS, o objetivo do UDDI é prover mecanismos para registro e descoberta de Serviços Web e as interfaces que podem ser usadas para acessar estes serviços (OASIS, 2004).

- SOAP (originalmente acrônimo para Simple Object Access Protocol)¹²: protocolo W3C criado originalmente com o objetivo de unificar mecanismos de comunicação de RPCs (Remote Procedure Call - RPC), consiste em um protocolo de troca de mensagens baseado em XML, normalmente utilizando HTTP (Hypertext Transport Protocol - HTTP) como protocolo de transporte (SAMPAIO, C., 2004; ERL, 2005).

A figura que segue (Figura 4) apresenta os protocolos e padrões que formam o núcleo do *framework* Web Services. Nela está ilustrado como os padrões se relacionam. O consumidor faz a consulta de serviços que se encontram registrados no UDDI e após isso, contata o serviço escolhido via SOAP.

Figura 4 – Núcleo do Framework Web Services

3.2.1.3 Considerações

Como pode ser verificado, a partir dos tópicos apresentados, do ponto de vista conceitual, dadas suas características, SOA se apresenta como uma abordagem altamente atrativa como modelo arquitetural para desenvolvimento de aplicações multimídia com requisitos avançados (ex. soluções distribuídas, escaláveis e heterogêneas). Esta é a justificativa de se propor neste trabalho o desenvolvimento de aplicações multimídia tendo como base o uso de SOA.

¹² A partir da versão 1.2 da especificação, SOAP deixou de ser utilizado como acrônimo, passando a ser um termo com significado próprio.

3.2.2 Aplicação de Tecnologias SOA no Domínio Multimídia

Dando prosseguimento, o objetivo nesta seção, é analisar o grau de aplicabilidade de SOA do ponto de vista tecnológico.

3.2.2.1 *Requisitos de aplicações multimídia versus estado da arte*

Iniciando a análise, esta seção tem como objetivo apresentar e avaliar os principais trabalhos que vêm sendo realizados na área de orientação a serviços com relação a questões que estão intrinsecamente ligadas a aplicações multimídia. O objetivo é contrapor estado da arte versus requisitos de aplicações multimídia, obtendo uma visão mais profunda e precisa em relação aos trabalhos mais recentes e desafios na área de orientação a serviço considerando o desenvolvimento de aplicações multimídia.

a) Tempo de resposta

Dentro do domínio multimídia um requisito não obrigatório de forma geral, mas essencial dependendo da aplicação, é o suporte a execução de uma atividade dentro de um tempo limite. Aplicações multimídia com requisitos de tempo de resposta demandam grandes cuidados e atenção, uma vez que se não devidamente projetadas, implantadas e gerenciadas, podem ter toda a solução desenvolvida invalidada. Neste contexto, realizar uma atividade com requisitos de tempo de resposta consiste em considerar propriedades de tempo ao longo de todo o fluxo de composição (descoberta e escolha de serviços) e execução da atividade. Esta é uma questão não tratada pelas tecnologias que dão suporte a SOA atualmente. Um exemplo é a composição dinâmica de serviços baseada em informações de garantia de tempo de resposta.

Em (TSAI et al., 2006), os autores propõem uma extensão para SOA¹³, para suporte a aplicações com requisitos de tempo resposta. Eles denominam a extensão de RTSOA (*Real Time SOA*). No trabalho, os autores expõem a importância em se considerar requisitos de tempo real em:

- Mecanismos de comunicação: todos os protocolos de transporte devem considerar mecanismos para garantia de tempo de resposta;

¹³ Os autores, no trabalho realizado, da mesma forma como neste, também consideram o uso de tecnologias de Serviços Web na implementação de soluções SOA. Assim, por extensões SOA, entender propostas de extensões às especificações de Serviços Web.

- Modelagem de propriedades de tempo real¹⁴: características e propriedades não funcionais de serviços precisam ser informadas e consideradas nos processos decisórios;
- Composição dinâmica de serviços: os critérios de seleção devem considerar o nível de tempo de resposta final.
- Implantação de serviços em tempo real: mecanismos de reserva de recursos e banda para agilizar o processo de implantação de serviços;
- Coleção de dados e reforço de políticas: consiste na monitoria e verificação de políticas que os serviços devem atender. Se uma política é violada, mecanismos de compensação devem ser acionados.

De forma a suportar os requisitos apresentados, os autores fazem a proposição de uso de parâmetros adicionais a serem descritos e verificados durante as operações e processos decisórios. Além disso, os autores também propõem otimizações para possibilitar suporte mais adequado à execução de atividades com requisitos de tempo real (As extensões propostas pelos autores são apresentadas no Anexo A. Elas possibilitam uma visão ampla de como diversos aspectos pontuais podem interferir no tempo de resposta de uma aplicação SOA). Apesar de não ir a fundo em todas as questões, trata-se de um trabalho que faz uma análise ampla no que se refere à questão de suporte a requisitos de tempo de resposta, expondo e dando uma visão de direcionamentos importantes a serem tomados na área.

Apesar de para contextos de operação mais estáticos, com ambientes controlados e serviços pré-definidos, questões apresentadas não serem críticas, tratam-se de aspectos importantes para viabilizar em modelos de operação dinâmicos, sistemas que demandem controle do tempo de execução das atividades, caso das aplicações multimídia.

b) Composição dinâmica de serviços

Um *workflow* pode ser executado por serviços pré-definidos e operar em ambientes controlados (contexto estático) ou montado dinamicamente, sem conhecimento a priori dos serviços que serão utilizados, nem sua localização (contextos dinâmicos). Dentre os pontos exemplificados pelos autores em (TSAI et al., 2006), a composição dinâmica de serviços representa uma das questões mais complexas. Em (JAEGER; MUHL, 2006), os autores exploram especificamente essa questão. Quando se fala na realização de uma atividade com

¹⁴ Por tempo real, os autores consideram a necessidade de realizar uma tarefa abaixo de um tempo limite. No geral, os valores limite de tempo são bem restritivos, na ordem de milésimos de segundo, sendo os níveis aceitáveis dependentes da categoria de aplicação.

um determinado requisito de tempo, não necessariamente os serviços com menor tempo de resposta garantem conjuntamente o menor tempo de resposta. Por exemplo, um serviço que garante menor tempo de resposta para realizar um determinado processamento pode ser preterido por outro serviço com maior tempo de resposta, mas que esteja mais próximo (menor tempo para transporte da informação a ser processada até o serviço escolhido).

Se a composição dos serviços precisarem ser baseada na avaliação de múltiplos parâmetros, a complexidade é ainda maior. Por exemplo, como avaliar entre os diversos serviços disponíveis para a realização de cada operação, quais são os que de forma combinada atendem mais adequadamente os requisitos não funcionais requeridos. Dependendo do caso, pode não ser possível fazer análises exaustivas das combinações possíveis, sendo necessárias técnicas avançadas para a composição dinâmica dos mesmos. A Figura 5 apresenta a complexidade envolvida no processo de composição dinâmica de serviços. Na parte superior, é ilustrado o serviço S2, o qual para os atributos a1, a2 e a3 apresentam respectivamente os valores v1, v2 e v3. Os atributos representam qualquer tipo de característica associada ao serviço como, por exemplo, nível de confiabilidade e tempo de resposta.

Figura 5 – Composição dinâmica de serviços baseada em múltiplos atributos

A complexidade no processo está em selecionar, no menor tempo, os serviços de forma que o resultado da composição consiga atender aos requisitos necessários da melhor forma possível. Ou seja, após a composição, deve-se garantir que o valor composto (vc) para cada atributo apresente um valor aceitável e que, idealmente, seja o melhor dentre os possíveis. (NAHRSTEDT; BALKE, 2005), em seu trabalho, apresentam este tópico como um dos grandes desafios a serem tratados na área. Esta é uma questão, entretanto, que não deve ser tratada como um problema, mas a possibilidade de viabilização de um nível de flexibilidade e dinamicidade sequer imaginável através das arquiteturas monolíticas adotadas até então no desenvolvimento de aplicações multimídia.

c) Descoberta de serviços

Para aplicações multimídia, é essencial que seja possível identificar durante o processo de descoberta de serviços, qual serviço atende os requisitos não funcionais (e.g. QoS) necessários (NAHRSTEDT; BALKE, 2004). Isso não é suportado pelo UDDI. Existem inúmeras propostas de extensão do UDDI para prover informações adicionais de forma que os clientes tenham maior subsídio a respeito das características dos serviços (não somente funcionais) que se encontram registrados. Um destes trabalhos é o UDDIe (UDDI extensions) (SHAIKHALI et al., 2003). O que basicamente o UDDIe suporta, é a possibilidade de registro de propriedades adicionais em relação aos serviços. Propriedades estas que podem ser informações como características de QoS e custo. Outro trabalho na mesma linha é o desenvolvido por (SERHANI et al., 2005). No contexto corrente, cabe acompanhar como estes trabalhos e outros relacionados irão evoluir, sendo ou não incorporadas aos padrões existentes, uma vez que trata de uma demanda importante não só para o desenvolvimento de aplicações multimídia, mas de qualquer aplicação que demanda mecanismos de controle de nível de serviço.

d) Linguagem para suporte a gerência

Para dar suporte à monitoria e controle dos serviços, de forma a avaliar se os mesmos estão operando segundo os requisitos necessários, são necessários antes, mecanismos que dêem suporte à descrição e coleta das informações a serem utilizadas para as tomadas de decisão. Este é um requisito essencial para controle de nível de serviço, seja para aplicações multimídia ou qualquer aplicação que seja sensível ao controle de um parâmetro. Um dos principais trabalhos que tratam essas questões, é o desenvolvido por Tosic (TOSIC, 2002,

2004), através de duas propostas, o WSOL (Web Service Offerings language) e o WSOI (Web Service Offerings Infrastructure).

O WSOL (TOSIC, 2002) permite a especificação de múltiplas classes de serviço para um Serviço Web. A linguagem baseia-se no conceito de oferta de serviço (do inglês, service offering), este o qual, consiste em um modelo de representação formal de uma combinação de informações de restrições funcionais e não funcionais. Permite, por exemplo, a descrição de privilégios de uso, prioridade, garantia de tempo de resposta, desempenho, confiabilidade e disponibilidade associada a um serviço. Consiste em mecanismos para suportar a descrição de níveis de serviços diferenciados.

Através do WSOL é possível definir se as restrições/condições devem ser avaliadas antes e/ou após a invocação de uma operação ou periodicamente. Permite também a definição de responsabilidades de gerência, tais como, períodos de validade, custos e penalidades monetárias e, mecanismo para a extensão ou inclusão de novos atributos. No Anexo C, encontra-se um exemplo de documento WSOL extraído de (TOSIC, 2004). O WSOL é um dos trabalhos mais amplos que trata a questão de modelagem de propriedades de tempo real. Como será apresentado posteriormente, apesar de os padrões existentes preverem mecanismos para a modelagem de tais informações, isto não acontece de fato.

e) Monitoração e controle

Apesar de possibilitar a descrição de diversos tipos de requisitos, para que o WSOL seja efetivo, são necessários mecanismos para verificar e validar estas informações, tudo isso, em tempo de execução. Para tal, o mesmo autor, em (TOSIC, 2004), propõe uma infraestrutura para monitoramento e gerenciamento de Serviços Web, o WSOI. Para dar suporte às questões apresentadas, por exemplo, medição periódica de métricas de QoS, uma das características do WSOI, é o suporte a sessões. Isso é necessário, pois apesar do modelo operacional de Serviços Web serem do tipo sem memória de estado (*stateless*), é necessário um mecanismo de gerência que persista ao longo da execução dos serviços.

Outra característica do WSOI é que ele é altamente associado à infra-estrutura onde os serviços operam. Sem esta amarração, não seria possível monitorar informações sobre a execução de um serviço ou alterar seu comportamento. Do ponto de vista de implementação, trata-se de um conjunto de componentes que são acoplados aos servidores de aplicação nos quais os serviços operam. Ou seja, questões como monitoria de parâmetros de QoS, importantes para aplicações multimídia, no contexto corrente, têm grande dependência da

implementação utilizada. Essa relação de dependência com a tecnologia utilizada na infraestrutura de suporte aos serviços é um problema.

Devem ser definidas interfaces padronizadas para possibilitar que as camadas superiores de negócios possam interagir com a camada de infra-estrutura, de forma que seja possível realizar tomadas de decisões mais avançadas. E melhor, independente da tecnologia utilizada em nível físico e lógico. Esta é um grande requisito quando se trabalha com aplicações multimídia. Desenvolver uma aplicação multimídia requer um nível de atenção grande em todas as camadas, uma vez que tratam de aplicações que demandam grandes recursos.

Dentre todas as questões apresentadas até então, este é talvez um dos pontos que não são tratados em momento algum pelos padrões existentes. Por se tratar de um aspecto essencial dependendo da natureza da aplicação, é importante acompanhar como esta questão será tratada. Se através da definição de uma interface padronizada de interação entre serviços e infra-estrutura ou mesmo isolamento total entre camadas, com garantias de serviço através de outras abordagens, independente do paradigma adotado, é inquestionável a necessidade de tais mecanismos.

f) Transporte de dados

Outro ponto que caracteriza bem aplicações multimídia e que também tem gerado trabalhos é a questão de suporte a troca de grandes quantidades de informações. Aplicações multimídia envolvem a manipulação de grandes volumes de dados, sejam as mídias em si, ou os metadados relacionados às mesmas. A troca de mensagens entre serviços, que é realizada via SOAP, não contempla (ZHANG; CHUNG, 2002) a troca de grandes conjuntos de dados, sendo em alguns casos inclusive inadequado o seu uso. Em (ZHANG; CHUNG, 2002), os autores, dado o problema apresentado, propõem uma alteração no modelo operacional do mesmo. Especificamente, são sugeridas algumas modificações como separação de metadados e mídias e, segmentação das mídias em múltiplas mensagens.

A proposta apresentada pelos autores representa uma solução que tenta adequar o SOAP para a transmissão de mídias, no entanto, trata-se de uma solução pouco adequada e ineficiente, uma vez que o protocolo foi projetado inicialmente considerando a troca de mensagens curtas através de XML. De forma a tratar esta e outras questões, alguns padrões e extensões vêm sendo propostos. O importante desta discussão é deixar claras as diferenças marcantes entre os tipos (e volume) de informações quando se usa Serviços Web em um

contexto (aplicações multimídia) diferenciado em relação ao qual ele foi concebido inicialmente¹⁵ e, as implicações destas diferenças.

3.2.2.2 Padrões, mapeamento e análise no domínio multimídia

Segue um trabalho de análise dos padrões¹⁶, mostrando como as tecnologias que dão suporte a SOA se posicionam frente a questões essenciais para o desenvolvimento de aplicações multimídia. Quando verificado restrições nos padrões existentes, são apresentadas propostas de direcionamentos.

a) Linguagens de descrição

O WSDL, linguagem para a descrição dos serviços, não dá suporte à descrição de características não funcionais. De forma a propor um mecanismo, a IBM atualmente promove o WS-Policy, que especifica uma gramática flexível e extensível para a expressão de capacidades, requisitos e características gerais de entidades (IBM, 2006; ERL, 2005). O WS-Policy representa somente um framework. A especificação de categorias particulares de requisitos é realizada através de linguagens especializadas. Para requisitos de segurança, por exemplo, existe o WS-SecurityPolicy. Não há nenhuma linguagem, entretanto, que trate de questões como políticas de QoS, aspectos estes, de maior interesse no contexto de aplicações multimídia. Ou seja, apesar do WS-Policy permitir a especificação de características não funcionais, isso não é suportado de fato. Esta é uma necessidade não atendida no contexto corrente e que representa um ponto importante para suporte a desenvolvimento de aplicações multimídia. Como próximos direcionamentos a respeito desta discussão, deve haver um esforço no sentido de definir um modelo padronizado para a especificação destes tipos de requisitos, ou mesmo, considerar a possibilidade de uso ou integração de elementos de trabalhos como o proposto por Tosic, através do WSOL.

b) Transporte de dados

A troca de mensagens entre serviços, que é realizada via SOAP, não contempla a troca de grandes conjuntos de dados, requisito das aplicações multimídia. Existem propostas para tentar adequar o SOAP para a transmissão de mídias, no entanto, trata-se de uma solução ineficiente, uma vez que o protocolo foi projetado considerando a troca de mensagens curtas

¹⁵ Na literatura é muito comum encontrar o termo “Serviços Web Multimídia” (do inglês, Multimedia Web Services) para designar Serviços Web que manipulam dados multimídia.

¹⁶ Por padrões existentes, estão sendo consideradas estritamente as especificações definidas e aceitas pelos grupos de especificação de Serviços Web.

através de XML. De forma a tratar esta e outras questões, algumas especificações vêm sendo propostas.

O transporte de arquivos binários através de SOAP exige que as informações sejam codificadas em forma de texto. Este processo de conversão gera grande overhead, aumentando significativamente a informação a ser transmitida. A primeira proposta de padrão para suportar formas alternativas de distribuição de informações foi o SwA (SOAP with Attachments) (W3C, 2000), depois veio o WS-Attachments. O problema é que estas especificações quebram o modelo operacional dos Serviços Web, uma vez que exige adaptação das implementações existentes. O último padrão especificado como solução alternativa é o MTOM (Message Transmission Optimization Mechanism) (W3C, 2005a, 2005b), que corresponde no contexto corrente à principal recomendação para transporte de dados opacos.

Como se pode observar, existem várias propostas. Além das formas citadas, uma alternativa seria utilizar as mensagens SOAP somente como canal de controle dos serviços. Neste caso, a troca das mídias poderia ser realizada através de um canal externo através dos protocolos já utilizados correntemente. Esta é uma solução interessante para o acoplamento de aplicações multimídia legadas. A solução também é interessante para soluções que tenham seu modelo operacional baseado no uso de dois canais distintos, um específico para controle e outro para a troca das informações. Este é o caso de grande parte das aplicações multimídia existentes. Esta abordagem de uso de um segundo canal, também é defendida em (YAO; SU; YANG, 2006).

c) Segurança

Explorar a questão de segurança dentro do contexto de aplicações multimídia consiste em falar da segurança do conteúdo multimídia manipulado. No que concerne a questão da confidencialidade, existem duas abordagens possíveis, aplicar os mecanismos de segurança sobre a mídia em si, ou aplicar sobre o canal de transporte. Os mecanismos de segurança dentro de SOA são definidos e suportados através do framework WS-Security. Este framework é composto de uma série de outras especificações, tratando aspectos como autenticidade, confidencialidade e integridade. Referem-se a mecanismos que visam entre outras coisas à proteção das mensagens SOAP e o controle sobre uso dos serviços. Ocorre, no entanto, que no caso de segurança sobre conteúdo multimídia, é de maior interesse que a segurança seja aplicada sobre o conteúdo, independente da segurança suportada pelo canal de

transporte. Esta é pelo menos a abordagem adotada pelas soluções de gerenciamento de direito digital (DRM) existentes.

A área de DRM é ampla (JONKER et al., 2004; REID; CAELLI, 2005), tratando de diversas questões como, por exemplo, linguagens para descrição de condições de acesso a conteúdo protegido (POLO, 2004; WANG et al., 2002; WANG et al., 2005), mecanismos de encapsulamento das mídias e técnicas de distribuição e gerência de licenças de uso.

Não é escopo deste trabalho abordar mecanismos de DRM, no entanto, algumas questões associadas à DRM são contempladas pela especificação do MPEG-21. Sendo este mais um dos exemplos que mostram como SOA e os padrões MPEG-7 e MPEG-21 se complementam, provendo um modelo com grande potencial no desenvolvimento de aplicações multimídia. Essa complementação entre as tecnologias é o que motivou a proposição de seu uso conjugado. No Anexo D segue um estudo a respeito das partes da especificação do MPEG-21 que tratam de mecanismos de segurança para conteúdos multimídia.

d) Gerência de contexto¹⁷

Aplicações multimídia envolvem geralmente um grande conjunto de operações complexas e que demandam grande processamento. Diante dessa característica, pode ser posto em discussão a validade de um modelo baseado em SOA, que tem como princípio, que os serviços não dependam de informações de contexto, de forma a diminuir o acoplamento entre os mesmos. Ocorre, no entanto, que qualquer operação mais complexa ou que exija algum controle de transação, demanda por mecanismos que possibilitem a gerência de informações de contexto entre múltiplos serviços que estejam participando de uma mesma atividade. Isso é suportado em SOA, através do framework WS-Coordination. O WS-Coordination define um framework geral, especificando elementos e modelo de operação (ERL, 2005). O suporte a funcionalidades específicas é definido através de extensões. As extensões existentes são o WS-Atomic Transaction, que suporta atividades que demandam controle transacional e o WS-Business Activity, que suporta a realização de atividades longas e complexas, que envolvem grande interação entre inúmeros serviços. O WS-Business Activity define, por exemplo, mensagens para um serviço notificar a finalização de uma operação, ou para ser notificado que uma operação não precisa ser mais efetuada. Estes tipos

¹⁷ O termo gerência de contexto, nesse item, está sendo utilizado para se referir ao armazenamento e uso de informações de estado na realização de uma operação. Serviços não devem ter dependência de informações de estado (devem ser *stateless*), logo, para operações complexas, deve haver mecanismos que possibilitem a gerência de informações de contexto.

de mensagens são de interesse particular para aplicações multimídia, notificando que uma mídia foi processada ou sendo informado que a transcodificação de um fluxo não precisa ser mais efetuada.

3.2.2.3 Considerações

Para contextos estáticos (ex. composição estática de serviços) e ambientes controlados, as tecnologias SOA já estão bem maduras, podendo ser aplicadas no desenvolvimento de aplicações multimídia (UYAR et al., 2005) e trazendo consigo todos os benefícios associados a este modelo arquitetural. No entanto, a partir do estudo apresentado, pode-se verificar que existem alguns pontos que precisam evoluir para possibilitar suporte adequado a contextos de operação mais dinâmicos.

É importante deixar claro, entretanto, que se trata de demandas de melhorias quanto a operações (e.g composição distribuída dinâmica de serviços multimídia em ambientes heterogêneos) que sequer seria possível considerar nos modelos de desenvolvimento tradicionais, ainda mais se tratando de um contexto de uso de tecnologias e modelos padronizados.

Outra questão importante em relação aos estudos apresentados, é que o uso das tecnologias SOA para desenvolvimento de aplicações multimídia não se restringem ao uso de Serviços Web para transmissão de mídias. Diversas são as questões que precisam ser consideradas, seja sob a visão tecnológica, seja sob a de modelagem (seção 5.3).

3.3 Interoperabilidade Semântica

Como apresentado anteriormente no capítulo 1, o problema de interoperabilidade em nível semântico é uma questão que isola as aplicações multimídia dificultando ou impossibilitando a integração das aplicações existentes. Dado este problema, diversos esforços têm sido feitos dentro da comunidade multimídia de forma a prover um modelo de descrição comum. Assim, dentro do contexto deste trabalho, além de se propor o uso de SOA como base de desenvolvimento de aplicações multimídia, também se propõe de forma conjugada, o uso dos modelos de descrição propostos pelo grupo MPEG (MPEG-7 e MPEG-21). Mais especificamente, é proposta neste trabalho a adoção destes padrões como formato padronizado para troca de informações dos conteúdos multimídia entre os serviços, dando suporte às operações realizadas pelos mesmos.

Do mesmo modo, esta sugestão de uso padronizado também é válida no sentido oposto, ou seja, definição de uso de Serviços Web como mecanismo padronizado para troca

de descritores MPEG-7 e MPEG-21. Pode parecer que não há diferenciação nesta segunda proposta, mas as implicações são grandes.

Apesar de definir uma série de descritores para possibilitar a interoperabilidade das informações sobre mídias, nunca foi escopo dos padrões MPEG citados definir como esses descritores são trocados. Apesar de parecer uma abordagem inteligente, não fazendo amarração a nenhuma tecnologia de implementação, isso ao mesmo tempo é um dos grandes problemas que têm dificultado um uso mais extensivo dos mesmos. Pois para prover a troca de informações entre dois sistemas distintos, ou as partes envolvidas devem entrar em acordo por utilizar uma interface comum, ou devem ser criados tradutores. Geralmente isso não ocorre, restringindo o acesso às informações. Entidades distintas adotam os modelos de descrição do MPEG, mas cada uma implementa de forma distinta.

O que está sendo proposto aqui não é que os Serviços Web sejam definidos como a única forma para a troca dos descritores MPEG, mas que seja definida como forma sugerida para troca dos mesmos. Isso facilitaria e impulsionaria o uso destes padrões (MPEG-7 e MPEG-21). Segue nas próximas seções um levantamento referente a estes padrões. O objetivo é apresentar as principais informações associados aos mesmos, demonstrando os benefícios que se podem ser obtidos ao adotá-los de forma conjugada a SOA.

3.3.1 MPEG-7

Quando se busca alguma informação em um conteúdo multimídia se esbarra na limitação das informações que são disponibilizadas junto a elas. Geralmente são informações limitadas, que não conseguem caracterizar ou descrever de forma adequada o conteúdo de uma mídia.

Uma solução a este problema é criar algum tipo de fonte de informação que contenha uma descrição a respeito dessas mídias, são os chamados descritores de conteúdo multimídia. Consistem de metadados que são gerados de forma a prover todo tipo de informação necessária para a busca e manipulação dos mesmos. O MPEG-7 (ISO, 2002; ALVARO; SALEMBIER, 2001) é uma especificação que padroniza o formato e o conteúdo desses descritores de forma a permitir a globalização e interoperabilidade destes metadados.

Conhecido formalmente por “Interface de descrição do conteúdo multimídia”, o MPEG-7 é um padrão ISO/IEC (International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission) desenvolvido pelo MPEG (Moving Picture Experts Group) que provê um modelo para descrever conteúdos multimídia. O escopo do MPEG-7 se encontra

unicamente na descrição do conteúdo. A geração e o consumo das informações de descrição não são contemplados pelo padrão (Figura 6).

Figura 6 – Escopo MPEG-7 (ISO/IEC 15938-1, 2002)

No processo de desenvolvimento de aplicações multimídia, principalmente quando se fala em soluções distribuídas, é essencial a adoção de um modelo de descrição comum, de forma a possibilitar a interoperabilidade das informações trocadas. O padrão MPEG-7 é uma ferramenta completa neste sentido, uma vez que especifica um modelo de descrição amplo e altamente flexível.

3.3.1.1 Estruturação do MPEG-7

O padrão MPEG-7 é estruturado em diversas partes, cada qual tratando de forma pontual um aspecto distinto. Segue uma descrição de algumas de suas partes:

- Linguagem de definição de descrição (DDL, Description Definition Language): linguagem para definição da sintaxe dos descritores MPEG-7 e para definir novos esquemas de descrição (*description schemes*);
- Visual: conjunto de descritores e esquemas de descrição relacionados somente com descrições de conteúdos visuais. Exemplos: cor, textura, forma, movimento, localização e reconhecimento de face;
- Áudio: conjunto de descritores e esquemas de descrição que tratam da descrição de áudio. Define (QUACKENBUSH; LINDSAY, 2006), por exemplo, descritores que apresentam informações a respeito de características físicas de um sinal de áudio (ex. espectro de frequências) que possam ser exploradas por um conjunto amplo de aplicações, ou descritores mais específicos, que possam dar suporte, por exemplo, a aplicações de reconhecimento de som em geral (reconhecimento de conteúdo falado, melodia, assinatura de áudio) (MATUSHIMA et al., 2004).

- Esquemas de descrição multimídia (MDS, *Multimedia Description Schemas*): conjunto de descritores e esquemas de descrição que tratam de características genéricas de conteúdos multimídia.

Através dos elementos apresentados, é possível ter uma visão de quão amplo é o padrão de descrição proposto pelo MPEG-7, podendo ser utilizado de forma ampla. Segue nas próximas seções a descrição detalhada de alguns elementos do padrão. Eles foram escolhidos uma vez que demonstram o nível de flexibilidade do modelo de descrição proposto, bem como tratam de metadados chaves no processo de gerenciamento de manipulação de conteúdos multimídia.

3.3.1.2 MPEG-7 Esquemas de descrição multimídia

Consiste na especificação dos descritores e esquemas de descrição que tratam de características gerais que são usadas na descrição de áudio, vídeo ou qualquer outro tipo de mídia. Os descritores e esquemas de descrição especificados pelo MDS (*Multimedia Description Schemes*) podem ser agrupados em 5 diferentes classes de acordo com sua funcionalidade.

- Descrição de conteúdo: prevê mecanismos de descrição da estrutura e da semântica de um conteúdo audiovisual. As descrições podem ser feitas em diversos níveis. Pode estar relacionada a um segmento de vídeo, a uma cena, ou a uma determinada ação ou região de uma cena;
- Gerenciamento de conteúdo: permite a descrição de todo o ciclo de vida do conteúdo, da produção a seu consumo. Envolve a descrição de informações referentes à mídia do conteúdo, tal como formato de codificação. Dados sobre o processo de produção do conteúdo (os produtores, responsáveis envolvidos e texto de direito autoral, entre outras informações) e informações de identificação do conteúdo;
- Organização de conteúdo: define esquemas de descrição para a organização e definição de coleções de conteúdos audiovisuais, de segmentos de informação, eventos e objetos, descrevendo suas propriedades comuns.
- Navegação e acesso: o MPEG-7 provê descritores e esquemas de descrição que tratam de informações que auxiliam no processo de navegação e busca de um conteúdo audiovisual;
- Interação com o usuário (ISO/IEC 15938-5/Amd2, 2002): define preferências do usuário e históricos relacionados ao consumo do material multimídia. Isto permite,

por exemplo, mecanismos de cruzamento entre preferências do usuário com os dados de descrição dos conteúdos, facilitando a personalização do acesso, apresentação e consumo de um conteúdo.

A Figura 7 apresenta uma visão geral do MDS, com os esquemas de descrição que cada uma de suas partes abrange.

Figura 7 – Esquemas de descrição multimídia (ISO/IEC 15938-1, 2002)

O MDS trata da especificação dos principais elementos que compõem a descrição de um conteúdo multimídia. É ele que especifica como deve ser, por exemplo, o processo de descrição de informações essenciais a respeito de um determinado conteúdo audiovisual. Quando se discute a respeito da descrição de informações características unicamente de um áudio ou vídeo, deve-se ater às outras partes específicas do padrão.

3.3.2 MPEG-21

O objetivo do MPEG-21 (ISO/IEC 21000-1, 2004; BURNETT et al., 2003) é possibilitar um mercado aberto, que possa ser explorado por qualquer produtor ou provedor de serviço e que traga benefícios para o consumidor final através da possibilidade de acesso a uma grande variedade de conteúdo, de modo interoperável. Neste sentido, sua visão é definir um *framework* multimídia que permita o uso transparente e otimizado de recursos multimídia sobre uma ampla variedade de redes e dispositivos.

Atualmente, existem vários participantes na cadeia de suprimentos de conteúdo multimídia cada qual oferecendo informações e serviços a um determinado grupo de pessoas. Entretanto, não existem soluções que atendam a estes diferentes grupos, permitindo o uso eficiente da complexa infra-estrutura existente. Cada um possui seus modelos, regras, procedimentos, interesses e formatos.

O escopo do MPEG-21 consiste em identificar e definir os elementos essenciais necessários para dar suporte a um ambiente interoperável, de forma a promover a integração entre as diversas soluções existentes. Para tal, o MPEG-21 se propõe a desenvolver especificações que permitam entre outras coisas:

- Acesso, uso e interação com e entre objetos multimídia em diferentes redes e dispositivos;
- Contemplar múltiplos modelos de negócio incluindo aqueles que requerem um gerenciamento de direitos e controle de transações ao longo da cadeia de suprimentos;
- Buscar a integração dos elementos e padrões para facilitar a harmonização de tecnologias no processo de criação, gerenciamento, transporte, manipulação, distribuição e consumo de conteúdos multimídia.

Estas características do MPEG-21 se alinham aos objetivos do trabalho, uma vez que ele trata em nível semântico, às mesmas necessidades que se almeja contemplar em nível arquitetural com SOA, principalmente no que se refere à questão de interoperabilidade.

O MPEG-21 é baseado em dois elementos essenciais (Figura 8): o objeto que é manipulado em uma transação (item digital) e as entidades que interagem com este objeto, os usuários. Um item digital é a combinação de recurso (conteúdo), seus metadados e a descrição de como metadados e conteúdo se relacionam.

O usuário pode ser qualquer entidade da cadeia de distribuição (produtor, distribuidor ou consumidor), seja ele um sistema ou pessoa. A cadeia de distribuição é uma abstração de um item digital sendo transacionado por um conjunto de usuários.

Figura 8 – Elementos de uma transação MPEG-21 (ISO/IEC 21000-1, 2004)

3.3.2.1 Estruturação do MPEG-21

Segue a descrição de algumas das partes no qual o MPEG-21 é estruturado. Cada uma delas trata de forma independente um dos aspectos abordados pelo padrão.

- Visões, tecnologias e estratégias (ISO/IEC 21000-1, 2004): descreve o *framework*, os elementos que compõem sua arquitetura e seus requisitos funcionais. O escopo desta especificação é descrever os objetivos do MPEG-21 e as estratégias para atingir tais objetivos;
- Declaração de Item Digital (DID, Digital Item Declaration) (BURNETT et al., 2005): especifica um conjunto de termos e definições para a elaboração de modelos de representação de itens digitais;
- Identificação de Item Digital (DII, Digital Item Identification) (BURNETT et al., 2005): define um modelo no qual um item digital possa ser identificado de modo único, independente de sua natureza, tipo ou granularidade. Ela não especifica novos sistemas de identificação, o que ela faz é especificar um modelo onde novos sistemas de identificação e sistemas existentes possam ser utilizados no MPEG-21 através de um mecanismo de registro;
- Proteção e gerenciamento de propriedade intelectual (IPMP, Intellectual Property Management and Protection): provê os mecanismos para a proteção dos conteúdos digitais;
- Linguagem de expressão de direitos (REL, Rights Expression Language) (WANG et al., 2005): especifica uma linguagem para declaração de permissões (licenças de uso) baseadas nos termos definidos no RDD (Rights Data Dictionary);
- Dicionário de dados de direitos (RDD, Rights Data Dictionary) (WANG et al., 2005): especifica um dicionário de termos para a descrição de uma licença de uso;
- Adaptação de Item Digital (DIA, Digital Item Adaptation) (VETRO; TIMMERER, 2005): define mecanismos de descrição de informações relacionadas a requisitos de um ambiente e informações das características de um formato de um conteúdo que possam ser utilizadas por um sistema de adaptação, possibilitando a provisão de acesso transparente a conteúdos digitais (adaptação às condições da rede e restrições dos terminais de acesso);
- Software de referência: inclui softwares de referência que implementam as ferramentas especificadas nas demais partes do MPEG-21;

- Formato de Arquivo: descreve um formato para armazenamento e distribuição de itens digitais;
- Processamento de Item Digital (DIP, Digital Item Processing) (KEUKELAERE, 2005): define mecanismos de processamento das informações em um item digital de uma forma padronizada e interoperável;
- Métodos de avaliação para tecnologias de associação persistentes: documenta as melhores práticas para avaliar tecnologias que relacionam um conteúdo às suas informações de identificação e descrição.
- Ambiente de Teste para entrega de recursos MPEG-21: provê um ambiente de avaliação para entrega de mídias.

Segue nas próximas seções uma descrição mais completa a respeito de algumas partes da especificação. As partes que seguem detalhadas foram escolhidas, uma vez que possibilitam uma visão de como o MPEG-21 se propõe a suportar os objetivos anteriormente citados, além de corresponder a partes que podem ser facilmente exploradas em aplicações multimídia desenvolvidas baseado em SOA.

3.3.2.2 Declaração de Item Digital (DID)

Existem muitos tipos de conteúdo multimídia e na mesma medida, muitas formas de representá-los. Isso reflete na complexidade de se desenvolver um modelo genérico que consiga representar não somente os tipos de conteúdo existentes, mas também os novos tipos que venham a ser criados. O objetivo da especificação DID (ISO/IEC 21000-2, 2005) é justamente definir um conjunto de termos e conceitos que possam compor um modelo para a representação de um item digital. No DID um item digital é descrito através da especificação de seus recursos, metadados e seus relacionamentos. O DID é dividido em três partes:

- Modelo: Descreve termos e definições para a descrição de um item digital;
- Representação: Define a sintaxe e semântica de descrição de cada um dos elementos definidos pelo modelo, sendo a representação feita usando XML. Isso é normalizado através do DIDL (Digital item Declaration Language), que é especificada pelo DID.
- Esquema: XML Schema que define a representação do DID em um XML.

Figura 9 – Elementos do DID e relacionamentos (BEKAERT; SOMPEL, 2005)

A Figura 9 apresenta um exemplo com alguns elementos do modelo abstrato do DID e possíveis relacionamentos. Na figura, container é a estrutura que agrupa itens ou outros containeres. Item é um agrupamento de subitens e/ou componentes. Um item pode ter um descritor associado. Finalmente um componente amarra um recurso a um conjunto de descritores. Do ponto de vista de implementação, o encapsulamento das informações segundo o DID é realizado através de arquivos XML. A Figura 10 é ilustra um exemplo de arquivo DID.

3.3.2.3 Identificação de Item Digital (DII)

O DII (ISO/IEC 21000-3, 2003) não objetiva a criação de um novo esquema de identificação, mas sim em integrar os esquemas de identificação existentes. Para tal, são definidos dois elementos XML: *Identifier* e *RelatedIdentifier*. O objetivo do elemento *identifier* é conter um URI que identifica um item digital (DI), container, componente ou fragmento. Já o objetivo do elemento *relatedIdentifier* é conter os identificadores que estão relacionados ao item digital.

```

<?xml version="1.0"?>
<DIDL xmlns="urn:mpeg:mpeg21:2002:01-DIDL-NS"
  xmlns:dii="urn:mpeg:mpeg21:2002:01-DII-NS">
  <Item>
    <Component>
      <Descriptor>
        <Statement mimeType="text/xml">
          <dii:Identifier>um:mpegRA:mpeg21:dii:isrc:US-Z03-99-32476</dii:Identifier>
          <!--ISRC identifying the sound recording-->
        </Statement>
      </Descriptor>
      <Descriptor>
        <Statement mimeType="text/xml">
          <dii:RelatedIdentifier>
            urn:mpegRA:mpeg21:dii:iswc:T-034.524.680-1
          </dii:RelatedIdentifier>
          <!--ISWC of the underlying musical work-->
        </Statement>
      </Descriptor>
      <Resource ref="Track01.mp3" MimeType="audio/mp3">
    </Component>
  </item>
</DIDL>

```

Figura 10 – Exemplo de uso do DII

O XML da Figura 10 apresenta um exemplo de uso destes dois elementos na identificação de uma determinada música. Nele *identifier* aponta para a identificação da música segundo o esquema de identificação do ISRC (International Standard Recording Code). O elemento *relatedIdentifier* aponta para a identificação da música em si. Neste momento é usado o esquema de identificação da ISWC (International Standard Musical Work Code).

3.3.2.4 Adaptação de Item Digital (DIA)

Um dos objetivos do MPEG-21 é possibilitar a provisão de conteúdo multimídia para diferentes redes e tipos de terminais. Uma vez que o conteúdo é criado, deve existir algum mecanismo que possibilite que o mesmo possa ser acessado em tempo real em qualquer lugar. Para isso, é necessário ser desenvolvido algum mecanismo que adapte uma mídia digital às restrições do ambiente para o qual ele será entregue, atendendo a parâmetros de qualidade e confiabilidade. O DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004) consiste na especificação do formato das informações a serem utilizadas pelos mecanismos de adaptação, de modo que estes possam garantir que todas as condições/restrições a serem atendidas serão consideradas.

Os mecanismos de adaptação não são normalizados, entretanto, descrições e outros elementos que provêm suporte para a adaptação dos recursos, tais quais descritores de adaptação e informações de gerenciamento de qualidade do serviço estão no escopo desta parte do padrão (Figura 11). Ou seja, o DIA não especifica os mecanismos (*engines*) de adaptação; o que ele faz é dar suporte aos mecanismos.

Figura 11 - Arquitetura DIA (ISO/IEC 21000-7, 2004)

Para dar suporte aos mecanismos de adaptação, o DIA considera informações como capacidades dos terminais, características de rede e do usuário e finalmente, características naturais do ambiente no qual o usuário se encontra fisicamente. Segue uma descrição mais detalhada a respeito destes parâmetros (VETRO; TIMMERER, 2005).

Capacidade dos Terminais

Trata-se dos parâmetros relacionados aos terminais considerados pelo DIA. São eles:

- Codificadores suportados: Tipos de codificadores e decodificadores suportados;
- Capacidades de I/O: Envolvem informações como descrição das características da tela, capacidade da saída de áudio e outras propriedades de diversos tipos de dispositivos de entrada.
- Propriedades do dispositivo: Incluem informações relacionadas à capacidade da fonte de energia do terminal, capacidade de armazenamento e outras características de I/O.

Características de Rede

Dividido em duas categorias: informações de capacidade da rede e informações de condição da rede. Isso dá suporte a mecanismos de adaptação das mídias de acordo com as seguintes características.

- Capacidade da rede - compreende atributos estáticos da rede. Envolve informações como, por exemplo, máxima capacidade da rede e banda mínima garantida.
- Condições da rede - envolve informações que tendem a ser dinâmicas e variantes no tempo. Exemplos: largura de banda disponível, erros e características de atraso. Os erros são especificados baseados na perda de pacotes e taxas de erro de bit. Atraso envolve informações de atraso de envio, de ida e volta e de variação de atraso (*jitter*).

Características do Usuário

É dividido nas seguintes subcategorias:

- Informações do usuário, preferências e histórico de uso - baseado nos esquemas de descrição do MPEG-7.
- Preferências de apresentação - preferências relacionadas ao modo como uma informação audiovisual é apresentada ou renderizada para o usuário. No que se refere a áudio, a especificação trata preferência de potência do áudio e configurações de equalização. Para informações visuais, a especificação trata de preferências de display, como por exemplo, temperatura da cor, brilho, saturação e contraste.
- Características de acessibilidade - compreende informações que permite os usuários adaptarem o conteúdo de acordo com certas deficiências auditivas e/ou visuais.
- Localização - inclui informações de mobilidade e destino. Mobilidade envolve a descrição dos movimentos do usuário ao longo do tempo. Destino, como o nome diz, descreve o destino do usuário. Através destas informações pode ser possível criar mecanismos de adaptação baseado na localização do usuário (*adaptive location aware services*).

Características Naturais do Ambiente

São definidas as seguintes categorias:

- Localização e tempo - baseado nos esquemas de descrição do MPEG-7 (Place DS e Time DS). Consiste no uso de informações de localização e tempo para especificar características do usuário.

- Ambiente audiovisual - envolve atributos audiovisuais do ambiente que podem ser medidos e que afetam a forma como um conteúdo é entregue e/ou consumido por um usuário neste ambiente. Para áudio, por exemplo, pode ser considerada a informação do ruído no ambiente.

3.3.3 Considerações

A partir do apresentado em relação ao MPEG-7, pode-se verificar o quão extenso é o padrão e assim, todo seu potencial como ferramenta de suporte aos serviços SOA, provendo todas as informações necessárias a respeito das mídias manipuladas pelos mesmos. Trata-se de informações importantes tanto para a manipulação direta dos conteúdos multimídia, como para a gerência dos mesmos.

No que se refere ao MPEG-21, o mesmo trata de diversos aspectos relacionados a toda cadeia de distribuição de um conteúdo, oferecendo ferramentas importantes para possibilitar um ambiente altamente interoperável. Dando continuidade ao trabalho, segue no próximo capítulo a demonstração de como essas tecnologias são usadas ao serem aplicadas no projeto do GTGV, provendo os benefícios apresentados ao longo do trabalho. Na seção 5.1 são apresentadas propostas de uso das especificações do MPEG-7 e MPEG-21 dentro do contexto de aplicações SOA.

4 Desenvolvimento de Aplicações Multimídia Baseadas em SOA e nos Padrões MPEG-7 e MPEG-21

Como descrito anteriormente, além de responder a todas as necessidades e questões apresentadas, um dos motivadores na proposição do trabalho, foi a busca por uma solução que atendesse a alguns requisitos adicionais que foram verificadas no desenvolvimento do projeto do GTGV. O projeto em questão consiste na especificação e desenvolvimento de uma plataforma de gerência de vídeo, e em seu modelo atual, consiste num ambiente de gerência centralizado.

Neste contexto, o objetivo neste capítulo, é mostrar como as tecnologias apresentadas podem e estão sendo utilizadas para atender estes novos requisitos, bem como melhorar a implementação corrente. Em relação às tecnologias apresentadas, elas acabam resultando também em uma solução que atende a alguns problemas verificados nos projetos desenvolvidos pela RNP de uma forma geral. Esta discussão é realizada na seção que se segue.

4.1 Aplicação de SOA e dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 no desenvolvimento dos projetos da RNP

Como descrito anteriormente, a abordagem apresentada é aplicável não somente dentro do contexto da Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV, mas em nível mais amplo, no desenvolvimento dos projetos dos grupos de trabalho da RNP.

Os projetos desenvolvidos para a RNP são elaborados a partir de propostas enviadas pelos grupos de pesquisas com enfoque em desenvolvimento de novos serviços para a rede da RNP. Uma vez aprovados, cada grupo passa a desenvolver sua proposta. Ao final do projeto, cada grupo apresenta os resultados da proposta inicial em forma de protótipo e dependendo da avaliação deste, os produtos destes trabalhos evoluem para serviços piloto e são colocados em produção, passando a integrar a infra-estrutura de rede e serviços da RNP.

Um aspecto decorrente deste modelo, é que muitas das soluções, apesar de seu alto valor, são pouco exploradas. Tornam-se um conjunto de soluções isoladas.

Outra característica marcante com relação aos trabalhos desenvolvidos é que uma vez que cada trabalho é elaborado por grupos de pesquisas distintos, grande parte das soluções acaba sendo elaborada fazendo uso das tecnologias mais diversas. Essa diversidade dificulta ainda mais a integração destes serviços, inibindo ainda mais o reuso ou a composição de aplicações de maior valor agregado (em termos funcionais).

Quando verificado o potencial de um projeto, o que se faz, é estender o tempo de desenvolvimento, no entanto, não há esforços para tentar agregar estes trabalhos, provendo serviços mais amplos e avançados.

Apesar do modelo de negócio adotado pela RNP não visar à integração destes serviços, seria altamente vantajoso a proposição de uma diretiva de trabalho que sugerisse a adoção de uma abordagem SOA e de um modelo de metadados comum. Isso facilitaria enormemente, a adaptação de soluções desenvolvidas ou a composição de novas soluções para suportar necessidades que fossem surgindo. Isso possibilitaria à RNP potencializar o aproveitamento das atividades dos GTs.

4.1.1 Modelo de integração

O desenvolvimento dos projetos dos GTs seguindo todos os princípios de desenvolvimento orientado a serviços, representaria o modelo ideal, com a possibilidade de máximo reuso e flexibilidade de cada serviço desenvolvido pelos GTs.

Figura 12 – Cenários de integração e composição de novos serviços para a RNP

Como exemplo, considere o desenvolvimento de um trabalho que integre os serviços multimídia de trabalho colaborativo, distribuição de vídeo e VoIP e outros serviços associados à infra-estrutura como sistemas de armazenamento e medições. A partir destes, é possível construir soluções multimídia avançadas com alto valor agregado, seja, por exemplo, para trabalho colaborativo, entretenimento, ou educação à distância. A Figura 12 ilustra cenários de integração ou composição de novos serviços.

4.2 Otimização da Plataforma de Gerência de Vídeo

As vantagens em se adotar as tecnologias apresentadas (tecnologias SOA e os padrões MPEG-7 e MPEG-21) são permitir a fácil agregação de novas funcionalidades, bem como a reconfiguração das funcionalidades existentes, ao mesmo tempo possibilitando um modelo de operação mais distribuído. Distribuição esta que viria através tanto da descentralização de determinadas funcionalidades, como do estabelecimento de um ambiente de operação onde a solução existente poderia interagir com outras soluções.

Esta interação seria possível do ponto de vista tecnológico, não somente devido ao fato de a solução estruturar-se sobre uma arquitetura orientada a serviços, mas também pelo fato da base de informações serem modeladas segundo os padrões MPEG-7 e MPEG-21, os quais como descritos, têm como propósito estabelecer uma “linguagem” comum a ser utilizada na manipulação de conteúdo multimídia, possibilitando a interoperabilidade entre sistemas multimídia.

Para verificação da solução apresentada, seguem apresentados como algumas partes da plataforma poderiam e estão sendo reestruturadas para suprimir as restrições apresentadas, provendo as melhorias necessárias.

4.2.1 Disponibilização de metadados para montagem de grade de programação

Apesar de já ser utilizado o MPEG-7 como padrão de descrição das mídias, os metadados são persistidos pela Plataforma de Gerência de Vídeo em um banco de dados relacional, sendo acessíveis somente a partir da própria API utilizada pela plataforma. Esta abordagem foi adotada pelo fato de ainda não existirem banco de dados abertos que possibilitem a persistência de XMLs com manipulação eficiente de suas informações.

Esse modelo adotado representou um problema em uma atividade de integração da solução do GTGV com o projeto de IPTV em desenvolvimento pelo GTTV (Grupo de Trabalho em TV Digital). O objetivo da integração em questão é a de possibilitar a geração de um canal de TV Digital a partir dos vídeos disponibilizados pela Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV. Para tal integração, o GTTV precisa acessar os metadados dos vídeos para o processo de montagem da grade de programação de um canal de TV Digital.

Inicialmente foi considerado o uso por parte do GTTV da API que foi desenvolvida durante o processo de implementação da Plataforma de Gerência de Vídeo. Assim, o GTTV estaria acessando os metadados diretamente na base de dados. O problema do uso desta API é que esse modelo de integração provoca um forte acoplamento entre os projetos desenvolvidos pelos dois grupos de trabalho.

Para evitar o problema citado, foram criados serviços para a troca dos metadados entre a Plataforma de Gerência de Vídeo do GTGV e a solução de TV Digital do GTTV. Este processo de integração está em andamento no momento corrente. Este caso de uso representa um exemplo de aplicação efetiva de uma das principais propostas do modelo apresentado neste trabalho, mais especificamente em relação ao uso conjugado de tecnologias SOA e os padrões MPEG-7 e MPEG-21.

A Figura 13 apresenta os descritores que estão sendo disponibilizados. Trata-se de um subconjunto dos descritores utilizados pela plataforma (no Anexo B estão listados todos os descritores MPEG-7 e MPEG-21 que são utilizados pela plataforma). São três as operações disponibilizadas pelo serviço desenvolvido, um para cada dos grupos de descritores apresentados.

Figura 13- Descritores disponibilizados pelo serviço

Quando um cliente acessa o serviço disponibilizado, primeiramente é feita a consulta à base de dados relacional. Na implementação em questão, é utilizado o Postgres. Numa primeira etapa só estão sendo consideradas operações de leitura dos dados apresentados. Em uma fase posterior, outros tipos de integrações podem ser realizadas. Por exemplo, recebimento de informações de *feedback* dos vídeos por parte dos usuários da Plataforma de TV Digital.

Figura 14 – Disponibilização de metadados para montagem de grade de programação

A Figura 14 ilustra a implementação. Para acesso às informações na base de dados são utilizadas as APIs básicas utilizadas. Após isso, as informações são encapsuladas em um arquivo XML (com os descritores MPEG-7) através de um componente transformador¹⁸ e disponibilizadas via um Serviço Web. As informações então podem ser acessadas por qualquer cliente, seja qual for a tecnologia utilizada.

No caso do GTTV, o cliente é implementado em Java. O mesmo repassa a informação recebida via SOAP para um outro elemento transformador, este o qual extrai as informações dos metadados encapsulados no XML enviado, encapsulando os mesmos em estruturas de dados que são utilizadas para a montagem da grade de programação.

Este modelo é vantajoso uma vez que qualquer alteração interna à plataforma não afeta em nada o GTTV ou qualquer outro cliente acessando o serviço disponibilizado. Com a implementação realizada, os atributos das tabelas podem ser alterados ou mesmo toda a base pode ser trocada, de forma totalmente transparente aos clientes do Serviço, sem que seja necessária qualquer alteração nas implementações dos mesmos.

O importante é seja mantida a forma como as informações dos descritores são encapsulados nos envelopes SOAP. No caso do modelo proposto, basta que os XMLs transmitidos estejam em conformidade com o XML Schema definido para cada um dos grupos de descritores MPEG-7 explorados. Uma vez que a semântica de cada descritor é conhecida, o processo de integração fica muito mais fácil.

Uma verificação em relação à implementação realizada é que apesar de as IDEs (Integrated Development Environment) terem evoluído bastante no suporte a uso das

¹⁸ Não se deve confundir com o processo de serialização, que é utilizado para se referir ao processo de encapsulamento transparente de informações de um objeto em um envelope SOAP.

tecnologias de Serviços Web, abstraindo a necessidade de alguns conhecimentos com a automação de algumas tarefas, ainda é relativamente complexo o uso de tais tecnologias. Esta é a mesma visão do autor de (HANSEN, 2007). A tendência é que cada vez mais esta complexidade adicional seja minimizada, o que tem ocorrido de forma significativa.

Na implementação foram utilizados o Eclipse como IDE, JAVA como linguagem de programação e Apache Axis como plataforma para desenvolvimento de Serviços Web.

4.2.2 Melhoria do suporte a personalização de funcionalidades

Como descrito anteriormente, já existe um mecanismo que suporta busca personalizada de vídeos. No entanto a implementação existente é bem limitada, baseada em parâmetros puramente estáticos e com política fixa (implementada diretamente em código). Segundo as propostas apresentadas ao longo do trabalho, toda a implementação pode ser substituída por um conjunto de serviços que seriam reutilizados para prover suporte à personalização em várias outras funcionalidades.

Figura 15 – Workflow para composição de política de personalização

Ao invés de um único código que acessa as informações de preferências pré-cadastradas e faz a busca de vídeos, pode-se desenvolver um serviço para tratamento de informações de preferências de usuários, outro para coleta das condições de rede de acesso do usuário, outro para tratar informações de políticas de uso do sistema e compor a partir dos mesmos, de forma dinâmica, a política de personalização a ser adotada.

A Figura 15 ilustra o cenário exemplificado. Com este modelo, outras informações compõem a decisão com base em dados disponibilizados por novos serviços que sejam

agregados ao *workflow* (isso é viabilizado de forma simples através de linguagens de orquestração de negócios como o BPEL4WS). Para a agregação de novas informações ao mecanismo de personalização corrente, o nível de esforço de desenvolvimento seria muito maior.

4.2.3 Mecanismo de indexação de vídeos

Outro benefício com a adoção dos conceitos e tecnologias defendidas é no que se refere a flexibilidade arquitetural obtida, sendo fácil agregar novas serviços a um *workflow*, realizando operações mais complexas e elaboradas.

O mecanismo atual de indexação de vídeos que foi especificado na primeira fase do projeto é semi-automatizado. Algumas informações de baixo nível são extraídas automaticamente a partir da análise das mídias e outras informações de mais alto nível precisam ser cadastradas manualmente.

A adoção das tecnologias apresentadas possibilita que conforme novos serviços avançados fossem desenvolvidos, para extração de informações de alto nível, estes sejam facilmente agregados à solução existente (Figura 16). Para tal, basta alterar o *workflow*, adicionando estes novos serviços. Isso é realizado em alto nível, podendo ser feito de forma visual através das IDEs. Assim, as mídias são processadas por um conjunto maior de serviços, obtendo-se ao final a automatização da indexação de um maior número de informações.

Figura 16 - Workflow para indexação da mídia

Para realizar esta melhoria na implementação corrente, precisaria ser alterado todo o código existente. Isso demonstra a facilidade de alteração de uma aplicação desenvolvida segundo uma arquitetura SOA e quão mais fácil é possível escalar uma aplicação.

A reformulação do mecanismo de indexação para uma abordagem SOA, resolve também o problema de escalabilidade apresentado na seção 2.2.2.1, o qual não permite que o processamento da mídia seja distribuído em múltiplas máquinas. É possível com a solução distribuir os serviços entre múltiplas máquinas, alocando-os conforme os requisitos

computacionais requeridos (Figura 17). Serviços que realizam operações computacionalmente mais complexas podem ser alocados em mais de uma máquina.

Figura 17 – Escalabilidade com distribuição de serviços entre múltiplos servidores

4.2.4 Descentralização de informações de usuários e suas preferências

Todas as informações utilizadas pela plataforma são cadastradas e gerenciadas exclusivamente através da solução desenvolvida no GTGV. A adoção das propostas apresentadas neste trabalho possibilita que estas informações sejam disponibilizadas para outros sistemas.

Por exemplo, atualmente está em processo a personalização e integração da plataforma de gerência em ambientes de outras instituições, entre elas a Universidade de São Paulo. O processo de integração envolve, entre outras coisas, a necessidade de importação de informações de usuários dos sistemas destas instituições para a Plataforma de Gerência de Vídeo.

Este processo de importação acaba refletindo em uma série de problemas como duplicação das informações e problema de sincronização entre as bases de informações. Considerando outra abordagem, quando a importação de dados não é realizada, sendo os dados acessados diretamente por outras soluções, existe o problema de criação de forte acoplamento entre os sistemas. Ou seja, independente da abordagem, diversos são os problemas que a implementação corrente enfrenta.

Figura 18 – Descentralização com interoperabilidade com múltiplos repositórios

Dentro deste contexto, a adoção de uma arquitetura baseada em SOA com metadados padronizados possibilita que a plataforma possa ser integrada de forma simples a outros ambientes, interagindo com os repositórios de informações existentes.

Neste caso, a atribuição de gerência de informações de usuários e suas preferências, por exemplo, ficam de responsabilidade e controle exclusivo da instituição a qual o usuário faz parte, e a plataforma de vídeo é somente um usuário destas informações. Assim, informações do usuário ficam sob controle somente da instituição a que ele é membro e qualquer alteração no repositório da instituição é refletida automaticamente para a plataforma, uma vez que o repositório é único.

A Figura 18 ilustra o cenário exemplificado. Cada caixa representa os sistemas de uma instituição. Os círculos tracejados correspondem aos repositórios com informações associadas aos usuários de cada instituição. Através do exemplo apresentado, a plataforma pode ser facilmente integrada a múltiplos outros sistemas.

4.3 Considerações

A partir dos cenários apresentados, podem-se verificar as vantagens e benefícios adquiridos ao se desenvolver uma aplicação multimídia segundo um modelo arquitetural baseado em serviços e explorando os padrões MPEG-7 e MPEG-21. Descentralização, com a melhoria da robustez e escalabilidade através da possibilidade de distribuição de serviços, suporte a fácil integração e interoperabilidade com outras soluções, através de um modelo de metadados padronizado e, flexibilidade, com a possibilidade de fácil personalização de *workflows* e reuso de serviços, compondo soluções avançadas.

Algumas das propostas já estão em implantação e outras virão no decorrer do projeto. O objetivo é inicialmente implementar os serviços apresentados, formando uma camada de serviços. Do ponto de vista de interação com o usuário, não haveria alterações. As modificações e melhorias ocorreriam exclusivamente no *back-end* (Figura 19).

Figura 19 – Alteração da arquitetura

Os estudos de casos apresentados são somente alguns exemplos dentre um universo potencial de aplicações nas quais as tecnologias exploradas podem ser utilizadas de forma conjunta. É importante ficar claro, entretanto, que para obter de forma plena todos os benefícios apresentados, não basta somente o uso de todas as tecnologias propostas, mas sim, deve ser adotado todo um processo de modelagem segundo os princípios de orientação a serviço.

Esta proposição, que abrange um conjunto de diretrizes, tecnologias e recomendações, compõe uma solução propícia à obtenção de uma série de vantagens em relação às abordagens tradicionais de desenvolvimento de aplicações multimídia. Por isso, a diversidade de questões tratadas no trabalho.

O desafio até então foi analisar os domínios distintos de conhecimento compreendidos. A Figura 20 apresenta as visões tratadas no trabalho. Dando continuidade, na próxima seção é feita a generalização da proposta, apresentado um processo para modelagem de uma aplicação multimídia qualquer segundo a abordagem apresentada. Em específico, é tratado como os princípios de SOA podem ser aplicados dentro do domínio multimídia.

Figura 20 – Visões tratadas no trabalho

5 Generalização do Procedimento de Análise para Implementação de Aplicações Multimídia

Generalizando a proposta para o desenvolvimento de aplicações multimídia, têm-se o diagrama apresentado na Figura 21. Nele é apresentado como as questões tratadas neste trabalho se relacionam. Resumidamente, consiste na união das tecnologias apresentadas até então, provendo uma ferramenta que atende aos requisitos apresentados inicialmente, viabilizando, por exemplo, aplicações multimídia escaláveis, flexíveis e, interoperáveis.

Figura 21 – Visão geral das tecnologias tratadas e seu escopo

5.1 Uso dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 em SOA

Seguem propostas de como os padrões MPEG-7 e MPEG-21 podem ser explorados conjuntamente com as tecnologias. O objetivo é dar uma visão do potencial que existe, e os benefícios associados à adoção conjunta dos mesmos. A Figura 22 apresenta em detalhes os tipos de descritores MPEG-7 que definem informações de preferências que podem ser associadas a um usuário. Pelo apresentado na figura, é possível ter uma visão de quão amplo é o leque de informações padronizadas. Tratam de informações importantes para aplicações multimídia, provendo uma ferramenta valiosa para Serviços Web que explorem questões de personalização de conteúdo. Por exemplo, aplicações multimídia personalizáveis.

Figura 22 – Descritores para informações de preferências de usuários

Os descritores apresentados na Figura 22 são somente alguns dos muitos tipos de informações consideradas pelo MPEG-7, que demonstram as muitas possibilidades de uso e o potencial deste padrão na modelagem de informações trocadas e manipuladas pelos Serviços Web.

Ainda em relação ao padrão MPEG-7, é importante lembrar que seus descritores são utilizados pelas especificações do MPEG-21. Ou seja, falar em exploração do MPEG-21 dentro de uma solução multimídia SOA, indiretamente, na maioria dos casos, também reflete na exploração dos descritores definidos pelo MPEG-7. Por exemplo, as informações de mídias que são encapsuladas num envelope DID do MPEG-21, são descritores especificados pelo MPEG-7.

Em relação ao MPEG-21, as possibilidades de uso dentro de uma solução multimídia SOA são mais diretas e extensas. Um exemplo de integração entre MPEG-21 e SOA, é o uso do DID para o transporte de informações de conteúdos multimídia (e eventualmente os conteúdos em si¹⁹). Dado seus objetivos, o que se propõe, é sua adoção como mecanismo padrão para encapsulamento de informações a respeito dos conteúdos multimídia manipulados pelos serviços SOA (Figura 23).

¹⁹ Os recursos de um elemento DID podem ser as próprias mídias, que podem ser encapsuladas dentro de um envelope DID ou ponteiros para as mídias. Neste último caso, o DID é utilizado somente para prover as informações necessárias (metadados) para o consumo das mídias.

Figura 23 – Uso do DID para encapsulamento de informações de conteúdos multimídia

Outra aplicação possível do MPEG-21 em uma solução multimídia baseada em SOA, é utilizar o modelo de identificação especificado pelo DII como forma de identificar os itens digitais manipulados pelos serviços. O uso de um modelo de identificação padronizado e único é de grande importância quando se fala em soluções distribuídas, aspecto este, que representa uma das principais motivações para adoção de uma solução baseada em SOA. A adoção de um modelo único que garanta a unicidade dos identificadores das mídias, possibilita que serviços associados a repositórios de mídias distintos interajam sem que haja problemas de colisão de identificadores.

Outra proposta de exploração do MPEG-21, é o uso do DIA como ferramenta padronizada para suporte aos serviços SOA que sejam associados a processamento de conteúdos multimídia. Ou seja, serviços que tratem aspectos associados à adaptação de conteúdo, utilizem como referência o modelo de dados proposto pelo DIA.

5.2 Tecnologias de Serviços Web no desenvolvimento de aplicações multimídia

Esta seção tem como propósito explicitar as tecnologias consideradas para dar suporte à solução proposta. Falar em tecnologias dentro do contexto deste trabalho, consiste basicamente em definir que padrões de Serviços Web contemplam cada um dos requisitos necessários para desenvolvimento de aplicações multimídia. Segue na Figura 24 as tecnologias de Serviços Web consideradas.

Figura 24 - Tecnologias de suporte

No que se relaciona às tecnologias de Serviços Web, em colchetes, estão listados os trabalhos de pesquisa discutidos no capítulo 3 e que poderiam ser incorporados aos padrões existentes, cobrindo questões não atendidas pelas mesmas, mas importantes para dar suporte pleno ao desenvolvimento de aplicações multimídia. Apesar de o UDDI ser uma tecnologia básica, compondo o núcleo do *Framework* Web Services, ele está enumerado, pois se trata de uma das tecnologias que demandam melhorias de forma a suportar plenamente o desenvolvimento de aplicações multimídia. Assim, como possibilidade de melhoria, é sugerida a adoção das propostas do UDDIe.

Para transporte de dados, é sugerido o MTOM, que corresponde na melhor dentre as especificações existentes. Outro tipo de solução possível para transporte de dados, é o uso de um canal externo, que representa a alternativa mais eficiente. Para suporte a segurança, é enumerado o WS-Security. Este padrão, como descrito anteriormente, seria utilizado somente para tratar aspectos associados à autenticação e troca segura de dados.

Para descrição de informações de serviços multimídia, são enumerados o WSDL e o WS-Policy. Como o WS-Policy ainda não define um mecanismo para especificação de requisitos não funcionais, é sugerido o WSOL como proposta de extensão. O WS-Coordination é enumerado, pois representa um importante padrão dentro do contexto de aplicações multimídia, pois o mesmo suporta um nível de coordenação de atividades necessário para aplicações multimídia. Quanto aos padrões MPEG-7 e MPEG-21, os contextos de aplicação e as especificações associadas, restringem-se às propostas apresentadas na seção 5.1.

5.3 Processo para aplicação de SOA no desenvolvimento de aplicações multimídia

Não existe nenhuma proposta de processo definido ou instanciado dentro de SOA para o desenvolvimento de aplicações multimídia, assim, para verificar e consequentemente demonstrar como a solução proposta poderia ser generalizada para o desenvolvimento de aplicações multimídia quaisquer, foi necessário definir e realizar uma série de procedimentos e considerações.

Para a especificação, será tomado como referência o processo proposto em (ERL, 2005), o qual representa no cenário corrente uma das mais completas bibliografias, sendo um dos primeiros a tratar a área de análise e desenvolvimento de projetos SOA. O processo descrito pelo autor, considera o desenvolvimento de soluções SOA dentro do contexto de automação de processos de negócios de empresas. No contexto deste trabalho algumas considerações realizadas pelo autor não são aplicáveis. Assim, quando necessário, as devidas considerações realizadas serão apresentadas.

O autor propõe duas fases para a especificação de um projeto SOA. Uma fase inicial de análise, para a modelagem, e uma fase de projeto, para especificação da aplicação a ser implementada. As outras etapas do processo proposto pelo autor para desenvolvimento de uma aplicação SOA são as fases de desenvolvimento, testes, implantação e administração. O processo apresentado irá se restringir à fase de análise. As demais etapas são altamente dependentes dos tipos de tecnologias que podem ser utilizadas na implementação, bem como de necessidades e restrições específicas das partes interessadas. Não é objetivo de este trabalho tratar estas questões.

Com relação a todo o processo de desenvolvimento SOA três abordagens podem ser adotadas: *bottom-up*, *top-down* ou mista. Na abordagem *bottom-up* os serviços são especificados e desenvolvidos sob demanda, conforme necessidades específicas que vão surgindo, sem levar em consideração os processos de negócios que dirigem todas as atividades associadas. Esta abordagem, apesar de ser a mais fácil e rápida de ser adotada, é a que menos segue os princípios da orientação a serviço, resultando em sistemas com baixo potencial de reuso.

Dentre as abordagens, a *top-down* é a mais complexa de ser realizada, resultando em maior tempo para a implantação. Ela exige uma análise detalhada de como todos os processos de negócios estão associados, de forma a atingir uma aplicação com alto potencial de reuso e grande flexibilidade para alterações.

A abordagem mista, é a que tenta unir os pontos positivos das duas abordagens anteriormente citadas. As dificuldades em se adotar este modelo de desenvolvimento, são tratar os interesses conflitantes das mesmas. Para tal, devem-se fazer decisões cuidadosas entre o que deve ser priorizado, desenvolvimento e implantação ágil da abordagem *bottom-up*, ou as vantagens arquiteturais (flexibilidade para mudanças com potencialização de reuso de serviços) da *top-down*.

A escolha da abordagem é dependente das necessidades e da visão estratégica de quem está desenvolvendo o projeto. Para exemplificação, será adotada a abordagem *top-down*, uma vez que é a que possibilita ter uma visão mais ampla dos benefícios arquiteturais de SOA.

5.4 Análise

Seguindo o processo proposto em (ERL, 2005), a fase de análise consiste em modelar quais serviços devem ser desenvolvidos de forma a suportar os requisitos a serem atendidos. A fase de análise é realizada desconsiderando que tecnologia será utilizada para a implementação. No processo de levantamento, devem ser definidos claramente os escopos das atribuições dos serviços, procurando neste processo potencializar o reuso dos mesmos. Resumidamente, consiste em analisar os requisitos que precisam ser suportados dentro do domínio de aplicações multimídia, definindo as operações a serem desenvolvidas.

5.4.1 Decomposição dos processos de negócios

Dando início ao processo de análise, deve-se realizar a segmentação dos processos de negócios a serem suportados, de forma a decompor os mesmos em um nível de granularidade que permita a especificação dos serviços. De forma a auxiliar esse processo de decomposição, é proposta uma taxonomia funcional para serviços multimídia. A classificação proposta tem como objetivo prover uma ferramenta para auxiliar o levantamento de requisitos com base na análise de papéis funcionais.

5.4.1.1 Taxonomia Funcional para Serviços Multimídia

De forma a auxiliar na decomposição do domínio do problema considerado (aplicações multimídia), segue uma proposta de classificação funcional para as operações a serem suportadas. Os grupos funcionais definidos foram: persistência, decisão, execução, monitoria e controle. Segue uma descrição detalhada a respeito de cada um dos grupos, bem como os fatores que levaram à especificação dos mesmos:

a) Persistência

Aplicações multimídia são baseadas na manipulação e uso de informações provenientes de diversos tipos de repositórios. A capacidade, bem como as funcionalidades suportadas pelas interfaces de gerenciamento destes repositórios consistem em aspectos importantes, uma vez que podem afetar de forma considerável a atividade a ser realizada (principalmente, se forem repositórios de mídias ou metadados, as quais envolvem a manipulação de grandes quantidades de informação) (ADJEROH; NWOSU, 1997).

Esta é a justificativa na especificação de um grupo funcional associado a serviços de persistência de informações. O grupo de persistência envolve as operações associadas à manipulação de qualquer informação que precise ser armazenada, alterada ou consultada durante a execução de um fluxo de serviços.

b) Decisão

Compreende as políticas e critérios que governam as ações a serem realizadas para e durante a execução de um fluxo de serviço. Inclui funcionalidades como, por exemplo, selecionar qual transcodificador deve ser utilizado para adaptar uma mídia de acordo com as preferências e restrições do usuário, ou qual o serviço que consegue atender os requisitos mínimos de QoS necessários.

Tanto o grupo de decisão como o de execução (item C), tratam de aspectos funcionais essenciais em qualquer tipo de aplicação SOA. O que difere dentro do escopo de desenvolvimento de aplicações multimídia, é a necessidade de suporte, por parte dos elementos que compõem estes grupos funcionais a requisitos adicionais, alguns destes, particulares a aplicações multimídia, por exemplo, parâmetros de QoS. (KALASAPUR; KUMAR; SHIRAZI, 2005).

c) Execução

Compreende funcionalidades diretamente associadas à execução de um fluxo de serviços, ou seja, que são responsáveis pelas atividades fins, não tendo nenhuma relação ao processo decisório para a realização da atividade em questão. Este grupo inclui, por exemplo, as operações de processamento das mídias (digitalização, compressão, transcodificação, filtragem, etc.) e metadados (extração, encapsulamento, etc.).

d) Monitoria

Aplicações multimídia são altamente sensíveis a diversos requisitos não funcionais. As operações de monitoria são importantes uma vez que estão associadas principalmente à averiguação destes requisitos, que são essenciais principalmente quando se aborda aplicações multimídia com requisitos de tempo real.

O grupo funcional de monitoria compreende as operações associadas à coleta de informações a respeito dos serviços e na infra-estrutura na quais estes serviços estão operando ou tem dependência. Responsável, por exemplo, por avaliar as condições da rede, verificando status de uma transmissão (perdas, atrasos, etc.), status dos recursos computacionais, para controle da carga de processamento nos mesmos ou outra informação contextual mais específica.

e) Controle

Compreende as funcionalidades relacionadas ao controle sobre uma operação. Estas funcionalidades podem ter controle ou sobre o ambiente no qual qualquer outra operação esteja sendo realizada ou sobre a operação em si. Envolve por exemplo ações que alterem dinamicamente o nível de priorização de execução de uma operação, dada sua maior importância ou que aumentem a banda reservada para um determinado fluxo de dados.

Este grupo funcional é importante no sentido de compreender mecanismos de garantia de provisão de níveis de serviços essenciais para aplicações multimídia de tempo real, ou com algum tipo de acordo de nível de serviço (Service Level Agreement - SLA).

5.4.1.2 Relacionamento entre grupos

A classificação funcional proposta auxilia na extração das funcionalidades requeridas associadas a um determinado processo a ser contemplado. A Figura 25 ilustra um cenário de relacionamento entre os grupos funcionais. Nele, os serviços de monitoria e controle só atuam sobre o ambiente de operação e os serviços do grupo de execução.

O grupo funcional de decisão é responsável pelo controle do fluxo de execução do serviço, bem como das operações de controle (grupo de controle) sobre a operação destes serviços e o ambiente nos quais os mesmos estão operando. Para tal, ele faz uso das informações obtidas através do grupo funcional de monitoria ou armazenadas pelo grupo de persistência. O grupo de monitoria é responsável por coletar tanto as informações dos serviços sendo executados, como do ambiente de operação dos serviços em execução.

Figura 25- Grupos funcionais de uma aplicação multimídia

Um exemplo de cenário, considerando tráfego com requisitos de tempo real e aspectos como personalização, seria a realização de uma videoconferência entre usuários heterogêneos. Para tal, informações de preferência, conjuntamente com dados das restrições da rede e do terminal que cada usuário (modeladas segundo os padrões MPEG-7 e MPEG-21 e gerenciadas pelo grupo de persistência), seriam utilizados para definir (pelo grupo de decisão) o codificador mais adequado dentre um conjunto de serviços de transcodificação. Finalmente após todo este processo, uma vez estabelecido o fluxo do serviço, monitorar a qualidade do serviço de transmissão (grupo de monitoria) para eventualmente alterar o serviço (grupo de controle) de transcodificação, para atender às novas condições de rede do usuário.

Voltando à discussão realizada no item referente a mecanismos de monitoria e controle (item e), um aspecto que pode ser verificado com relação à taxonomia proposta é que tanto os grupos funcionais de monitoria como de controle tem forte dependência da infraestrutura na qual uma atividade está sendo realizada.

Para que seja possível realizar a monitoração de certas métricas de QoS, por exemplo, requisito importante para uma aplicação multimídia, é necessário que o servidor de aplicação onde o serviço monitorado está operando, ofereça suporte a essas medições.

Ou seja, em muitos dos casos, as operações associadas a estes grupos funcionais (monitoria e controle) apresentam conflitos de interesse com relação a funcionalidades consideradas como de responsabilidade de uma infra-estrutura²⁰ SOA. Assim, seria de escopo da própria infra-estrutura SOA, o suporte a determinadas funcionalidades. Por exemplo, deveria ser de responsabilidade da infra-estrutura no qual os serviços estão operando, controlar o nível de priorização de execução dos mesmos, evitando que as operações já em execução sejam afetadas.

No que se refere a SOA, não existem regras que definam exatamente o que deve ou não ser suportado pela infra-estrutura operacional. A definição dos tipos de funcionalidades suportadas é realizada conforme as demandas verificadas e o entendimento da importância que se tem a respeito de cada funcionalidade.

No contexto deste trabalho, diante desta relação de dependência, a abordagem do processo será fazer uma análise desconsiderando o que se entende hoje como obrigatórias a serem suportadas por uma infra-estrutura SOA. A vantagem em se adotar esta abordagem é tornar o processo de especificação proposto independente de qualquer implementação de ambiente ou tecnologia SOA específica, além de possibilitar uma visão mais delineada dos aspectos funcionais que precisam ser considerados pelo modelo para desenvolvimento de aplicações multimídia.

5.4.2 Identificação de operações candidatas

A partir da decomposição dos processos de negócios, deve-se passar ao processo de identificação das operações candidatas a serem suportadas. O processo de análise das operações pode ser realizado em duas etapas, dependendo do porte da solução a ser automatizada. Uma inicial, para especificação de macro operações (camada de negócios) e outra mais detalhada, para especificação das operações a serem suportadas pela camada de aplicação.

Neste trabalho, será realizada uma análise única, atentando às necessidades gerais de uma aplicação multimídia. Segue a descrição do processo adotado para a identificação das operações candidatas.

²⁰ Por infra-estrutura SOA estão sendo considerados os recursos físicos e lógicos que comportam a solução SOA.

5.4.2.1 Processo para identificação de operações

Para a exemplificação do processo proposto, como base para a especificação do modelo, foram analisadas funcionalidades que atendessem aos cenários mais comumente verificados dentro do domínio de aplicações multimídia. Como resultado desta abordagem, espera-se que o processo especificado possa auxiliar no desenvolvimento de um escopo amplo de aplicações multimídia. Os cenários, bem como as funcionalidades consideradas inicialmente para cada um dos mesmos, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Cenários considerados para identificação de operações a serem suportadas

Cenários	Funcionalidades consideradas inicialmente
Produção e pós-produção de conteúdo	Codificação, composição e indexação (extração e gerência de metadados) de mídias
Busca e consumo de conteúdo	Mecanismos de busca (algoritmos de busca e busca por amostragem) e de distribuição de conteúdo
Personalização	Adaptação do conteúdo (transcodificação da mídia, aplicação de filtros e formatação de dados) e funcionalidades conforme restrição de rede, terminais e preferências do usuário

A partir de então, para cada funcionalidade considerada inicialmente, passou-se ao levantamento de funcionalidades associadas. Para tal, foi realizada uma análise das mesmas segundo a classificação proposta na seção 5.4.1.1 (taxonomia funcional). Assim, para cada uma das funcionalidades inicialmente consideradas, foram verificadas:

- Que informações precisariam ser coletadas ou analisadas de forma a suportar a atividade em questão ou para verificar se os requisitos (funcionais e não funcionais) estão sendo atendidos (grupo funcional de monitoria);
- Que informações precisariam ser persistidas, gerenciadas ou pesquisadas para dar suporte à funcionalidade sendo executada (grupo funcional de persistência);
- Os critérios que precisariam ser considerados no processo de execução de cada uma das funcionalidades consideradas (grupo funcional de decisão)
- Que mecanismos de intervenção precisariam ser suportados para controlar a execução das atividades segundo os critérios acordados ou dos parâmetros requeridos.

Neste processo, foram considerados os principais requisitos funcionais e não funcionais associados a aplicações multimídia, bem como requisitos relacionados à gerência de metadados. Estes últimos, tratam de requisitos associados ao processo de adoção dos

padrões MPEG-7 e MPEG-21 para gerenciamento de mídias. Ao final desta atividade chegou-se à modelagem das operações candidatas. As mesmas são apresentadas na próxima seção.

5.4.2.2 *Operações candidatas*

Com base no processo descrito anteriormente, foram especificadas as seguintes operações:

- **Execução (E):** transcodificação de mídias (E1), filtro de mídias (E2), composição de mídias (E3), extração de metadados (E4), transporte de mídias (E5), busca por amostra (E6) e segurança de dados (E7);
- **Persistência (P):** mídias (P1), metadados (P2), preferências dos usuários (P3), privilégios dos usuários (P4), capacidades dos recursos (P5) e licenças (P6);
- **Decisão (D):** seleção de algoritmo de compressão (D1), seleção de algoritmos de classificação das mídias (extração de metadados) (D2), seleção de serviços (D3), controle de erro ou mecanismo de compensação (D4), controle de aceitação de requisição (D5) e seleção de algoritmo de criptografia (D6);
- **Monitoria (M):** nível de carga de processamento (M1), tempo de processamento (tempo de resposta) (M2), nível de recurso de armazenamento (M3), atraso de rede (M4), banda disponível (M5), variação de atraso (*jitter*) (M6), taxa de perdas (M7), informações contextuais do usuário (sensores) (M8), verificação de capacidade do terminal (M9) e análise de mídias (M10);
- **Controle (C):** priorização sobre nível de execução (C1), controle de tamanho de cache (C2) e alteração do modelo de priorização de fluxos de dados (C3).

Informações detalhadas a respeito de cada operação são apresentadas no Apêndice A.

No processo de especificação das operações candidatas, segundo Erl (ERL, 2005), devem ser excluídas: (i) operações que não possam ser automatizadas ou (ii) operações que sejam de escopo de uma tecnologia legada que não possa ser substituída ou encapsulada por um serviço. Dentre as operações inicialmente levantadas, a única desconsiderada foi a operação de digitalização de mídias, por se tratar de uma operação realizada de forma manual.

Um aspecto importante a ser destacado quanto ao processo de levantamento das operações candidatas, é que a influência da adoção dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 de gerência são representadas de forma não explícita. Ou seja, as operações levantadas não são diretamente atreladas aos padrões citados, mas sim, a modelagem das informações trocadas pelas interfaces dos serviços a serem desenvolvidos.

5.4.3 Abstração da lógica de orquestração

Uma vez modeladas as operações candidatas, no processo proposto por (ERL, 2005), vem o processo de abstração da lógica de orquestração. Esta etapa consiste basicamente em verificar as operações associadas a: (i) regras de negócios, (ii) lógicas condicionais, (iii) controle de ordem de operações e (iv) lógicas de exceção. O objetivo com isso, é avaliar dentre as operações identificadas, quais irão compor a camada de orquestração (Figura 3).

Definir exatamente o que compõe a camada de orquestração tem grande relação com o nível de reuso e flexibilidade que se objetiva. Há dependência também quanto ao contexto da solução em desenvolvimento. Ou seja, uma mesma operação pode ser suportada na camada de negócios ou na de orquestração.

Por exemplo, em um sistema, a escolha de um algoritmo pode estar atrelada a fatores exclusivamente técnicos, em outros casos, a escolha pode estar atrelada ao modelo de negócios ou interesses momentâneos de uma empresa. No primeiro caso, uma vez que a execução da operação está associada a fatores fixos, esta pode ir para a camada de aplicação ou de negócios. Para o último caso, é importante que a operação componha a camada de orquestração, refletindo em flexibilidade para a solução.

Um outro exemplo interessante é no que se refere à operação de controle de erro. Em um primeiro momento ela poderia ser incluída na camada de orquestração, uma vez que se trata de uma operação associada à lógica de exceção. No entanto, dependendo do tipo de erro e dos fatores considerados para a compensação deste erro, esta pode ser incluída em uma camada inferior. Logicamente, se a política para a compensação do erro, bem como o tipo de erro tratado for mais complexo, é de importância que a operação seja contemplada na camada de orquestração.

Dependendo da aplicação, todas as operações listadas no bloco funcional de decisão poderiam compor a camada de orquestração. Deve-se ressaltar, entretanto, que isso não seria necessariamente válido para toda e qualquer solução. Trata-se de uma decisão de projeto.

5.4.4 Identificação de serviços

Uma vez especificadas as operações candidatas a serem desenvolvidas para contemplar os requisitos gerais dos cenários considerados, o próximo passo é identificar os serviços. A identificação dos serviços é realizada através do agrupamento das operações de contextos associados.

Para a identificação dos serviços, duas abordagens são propostas em (ERL, 2005). Desenvolvimento de uma solução baseada em serviços centrados a tarefa (*task-centric*) ou centrados a entidade (*entity-centric*).

Serviços centrados a tarefas agrupam operações associadas à execução de uma tarefa específica. Um exemplo possível seria um serviço de publicação, que compreenderia operações como digitalização, compressão e extração de metadados. Soluções baseadas em serviços centrados a tarefa, geralmente são desenvolvidas para atender processos específicos, resultando em pouca possibilidade de reuso. Alterações nos processos de negócios iriam demandar uma remodelagem dos serviços.

Já serviços centrados a entidade, reúnem operações aplicáveis a escopos distintos, mas de interesse comum. Por exemplo, um serviço de processamento de mídias, englobando operações como compressão, transcodificação e outros tipos de operações de tratamento de imagens. No caso deste serviço, as operações suportadas pelo mesmo podem ser necessárias ao longo de toda a cadeia de distribuição de um conteúdo, da produção ao consumo.

Com relação à discussão realizada, deve-se ficar claro que a escolha de uma abordagem ou outra, não é dependente exclusivamente dos fatores apresentados. A abordagem centrada a tarefa, por exemplo, é mais fácil e rápida de ser modelada e implantada, uma vez que está atrelada a uma necessidade específica e sua implantação não afeta todos os processos de negócios existentes, mas somente o processo em questão. Assim, dependendo das necessidades e prioridades de quem está realizando o trabalho de modelagem, pode ser de maior interesse a adoção da abordagem centrada a tarefa.

5.4.4.1 Serviços modelados

Não existe um procedimento padronizado para a modelagem de serviços (ERL, 2005). O processo geralmente é dirigido segundo interesses diversos (*e.g* questões culturais e influência ou restrição das tecnologias legadas), variando conforme a importância que se atribui em relação a uma determinada questão.

Dados os cenários considerados (ver Tabela 1) e as questões exploradas neste trabalho (ex. adoção dos padrões MPEG de gerência), baseando-se na abordagem centrada a entidade, são propostos os seguintes serviços: (i) processamento de mídias, suportando operações referentes aos cenários de produção, pós-produção e personalização de conteúdo, processamento de (ii) metadados das mídias e de metadados de gerenciamento (iii), estes dois serviços, fortemente associados aos padrões MPEG para gerência de mídias, contemplando requisitos associados a toda a cadeia de distribuição de conteúdo multimídia, (iv) segurança,

suportando requisitos para consumo dos conteúdos de forma segura e (v) comunicação, responsável por englobar todas as operações associadas à distribuição dos conteúdos multimídia.

A Tabela 2 apresenta como as operações identificadas poderiam agrupadas em cada um dos serviços especificados.

Tabela 2 – Associação entre serviços e operações especificadas

Serviços	Operações
Mídias	Transcodificação de mídias (E1), filtro de mídias (E2), composição de mídias (E3), persistência de mídias (P1), seleção de algoritmo de compressão (D1), análise de mídias (M10) e controle de tamanho de cache (C2).
Metadados de mídias	Extração de metadados (E4), busca por amostra (E6), persistência de metadados (P2), seleção de algoritmos de classificação das mídias (extração de metadados) (D2).
Metadados de gerência	Persistência de preferências dos usuários (P3), persistência das capacidades dos recursos (P5), informações contextuais do usuário (sensores) (M8), verificação de capacidade do terminal (M9).
Comunicação	Atraso de rede (M4), banda disponível (M5), variação de atraso (M6), taxa de perdas (M7), controle de tamanho de cache (C2), alteração do modelo de priorização de fluxos de dados (C3).
Segurança	Segurança de dados (E7), privilégios dos usuários (P4), licenças (P6), e seleção de algoritmo de criptografia (D6).
Operações associadas a serviços com requisitos de tempo real	Seleção de serviços (D3), controle de aceitação de requisição (D5), nível de carga de processamento (M1), tempo de processamento (tempo de resposta) (M2), priorização sobre nível de execução (C1).
Operação associada à persistência de dados	Nível de recurso de armazenamento (M3).
Operações gerais	Controle de erro ou mecanismo de compensação (D4).

Através da tabela, pode-se verificar que algumas das operações especificadas podem ser associadas a mais de um serviço, sendo aplicáveis dentro do contexto de processos de negócios distintos. Este é o caso, das operações associadas a requisitos de tempo real, persistência de dados e controle de erro.

5.4.5 Refinamento

Uma vez realizada uma primeira especificação de serviços e operações associadas, dentro de um processo iterativo, deve-se passar ao processo de refinamento dos serviços e operações modeladas, de forma a verificar possíveis alterações que possam ser realizadas de forma a otimizar a solução a ser desenvolvida, maximizando o reuso e a independência dos

serviços (autonomia). Esta etapa consiste em uma revisão detalhada dos serviços especificados.

Após a finalização do processo de refinamento, deve-se passar a um processo de detalhamento da solução, de forma a derivar o conjunto de operações a serem suportadas pela camada de aplicação. Este processo de detalhamento é opcional segundo (ERL, 2005), sendo necessário dependendo do porte da solução desenvolvida. Segundo os direcionamentos adotados neste trabalho, esta etapa adicional não será realizada.

5.4.6 Mapeamento entre serviços, operações e cenários

Esta seção visa apresentar como os serviços modelados anteriormente podem ser utilizados para contemplar diferentes cenários, demonstrando o potencial de reuso e flexibilidade de uma implementação baseada em SOA.

No primeiro exemplo que se segue, é demonstrada uma determinada seqüência de operações compostas de forma a suportar uma atividade cujo objetivo é realizar a preparação e indexação de uma mídia qualquer. No fluxo apresentado, cada uma das operações poderia ser realizada por um serviço implementado de forma distinta (executando em máquinas distintas). O importante é que sejam adotadas interfaces padronizadas, de forma a garantir a interoperabilidade entre os mesmos.

A Figura 26 ilustra um cenário simplificado onde primeiramente é feita uma indexação automatizada da mídia e, em seguida, é realizada a preparação da mesma para que possa ser disponibilizada.

Figura 26 – Exemplo de cenário de indexação e preparação de mídia

O próximo exemplo que segue (Figura 27), ilustra um cenário mais complexo. Nele está sendo considerado um cenário de personalização de conteúdo. No exemplo, existe uma camada de orquestração controlando a atividade. Além de fazer o controle de estado, gerenciando as informações recebidas dos diferentes serviços, a camada de controle, é responsável, por exemplo, pela decisão de escolha do serviço de codificação mais adequado, com base nas informações obtidas e adicionalmente, outros critérios da política de

personalização e adaptação implementada (ao contrário do exemplo ilustrado anteriormente, onde a seleção fica a critério de um serviço). O exemplo apresentado compreende parte do cenário de aplicação de videoconferência descrito na seção 5.4.1.2.

Figura 27 – Exemplo de cenário de personalização de conteúdo

Com relação aos cenários explorados, não existe uma dependência em relação ao uso de um serviço específico. Cada serviço pode ser trocado de forma indistinta, por exemplo, por implementação mais otimizada, sem afetar a atividade como um todo.

No caso de serviços de persistências de informações, logicamente, eles estão associados a um contexto, por exemplo, informações referentes a um grupo de usuários. No entanto, a implementação de interfaces padronizadas de acesso a estas informações através de serviços, possibilita a disponibilização das mesmas de forma ampla, possibilitando seu uso e interoperabilidade com outras soluções.

Esta é uma das vantagens em se adotar Serviços Web como interface para acesso às informações padronizadas pelos padrões MPEG-7 e MPEG-21. Seguindo esta abordagem, no exemplo da Figura 27, as informações obtidas em relação a usuários e recursos (terminais e rede), seriam os descritores definidos pelo DIA (ver seção 3.3.2.4). No cenário apresentado na Figura 26, os metadados seriam gerados segundo o modelo de descrição do MPEG-7.

5.5 Considerações

O objetivo deste capítulo foi mostrar quais e como as tecnologias exploradas podem ser aplicadas de forma ampla, no desenvolvimento de aplicações multimídia quaisquer, indo além do contexto do projeto do GTGV. Para tal, primeiramente foram apresentadas propostas diversas de uso dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 em soluções baseadas em SOA.

Em seguida foram enumeradas as tecnologias levantadas ao longo do estudo, como de grande relevância, suportando questões essenciais no desenvolvimento de aplicações multimídia. Por fim, foi apresentado um detalhado trabalho de exemplificação de aplicação dos conceitos de SOA na modelagem de soluções multimídia. Como resultado do processo proposto, espera-se que o mesmo possa servir como referência para auxiliar no desenvolvimento de novas aplicações.

6 Considerações Finais

De forma a atender a questões não suportadas pelas soluções correntes para desenvolvimento de aplicações multimídia, foi proposto o uso de arquiteturas orientadas a serviço e dos padrões MPEG-7 e MPEG-21. O objetivo foi explorar os mesmos, para compor uma solução completa para o desenvolvimento de aplicações multimídia.

Para tal, foi realizado um trabalho extenso de análise de viabilidade de tal proposta, fazendo um estudo em nível conceitual, tecnológico e de processo. Primeiramente foi mostrado como o mesmo pode e vem sendo adotado dentro do contexto do GTGV para tratar requisitos adicionais verificados no desenvolvimento da Plataforma de Gerência de Vídeo. Depois foi feita a generalização da solução apresentada, mostrando como a mesma pode ser aplicada de forma ampla, suportando o desenvolvimento de aplicações do domínio multimídia.

Como resultado dos estudos e propostas apresentadas, pode-se verificar que as tecnologias SOA são aplicáveis dentro do domínio multimídia em contextos de operação estáticos e em ambientes controlados, no entanto, algumas questões ainda precisam ser resolvidas para contextos dinâmicos.

Todavia, são indiscutíveis as vantagens associadas ao modelo. Os cenários apresentados são somente alguns exemplos de como as tecnologias SOA e as recomendações MPEG-7 e MPEG-21 se complementam representando uma abordagem de grande valor para desenvolvimento de aplicações multimídia, tratando um conjunto bem amplo de questões.

6.1 Contribuições do Trabalho

Este trabalho apresentou uma nova abordagem para desenvolvimento de aplicações multimídia, de forma a atender requisitos ou questões não tratadas pelos modelos de desenvolvimento corrente. As principais contribuições decorrentes deste trabalho foram:

- Proposição de uso conjunto de um modelo arquitetural baseado em serviços e dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 para desenvolvimento de aplicações multimídia;
- Mapeamento de aplicabilidade das tecnologias SOA atuais dentro do domínio multimídia;
- Levantamento de necessidades e áreas dentro de SOA que demandam novos trabalhos;
- Propostas de aplicação das especificações dos padrões MPEG-7 e MPEG-21 em aplicações desenvolvidas segundo arquiteturas orientadas a serviço;

- Demonstração de implantação das propostas apresentadas dentro do contexto do projeto do GTGV;
- Descrição de um processo para modelagem de aplicações do domínio multimídia segundo os princípios de orientação a serviço;
- Proposição de uma taxonomia funcional para decomposição de processos, como mecanismo para especificação de serviços multimídia.

6.2 Trabalhos Futuros

O trabalho realizado compreendeu diversas questões relativas ao desenvolvimento e operação de aplicações multimídia. Apesar da amplitude dos pontos tratados, trabalhos importantes que poderiam ser desenvolvidos seriam:

- Verificação de tempo para estabelecimento de *workflow* em contextos de operação (estáticos e dinâmicos) e ambientes diversificados (e.g ambientes controlados e ambientes com diferentes tipos de limitações de recurso), de forma a verificar o atraso médio inserido. Este aspecto é importante para o mapeamento exato das condições em que cada tipo de aplicação multimídia pode operar;
- Verificação do tempo absoluto de como os diferentes mecanismos de segurança suportadas pelas tecnologias SOA impactam na realização das atividades. Importante para fazer balanceamento entre segurança e velocidade de resposta da solução;
- Análise de nível de descentralização adequado por tipo de operação. É essencial que certos serviços estejam localizados próximos às fontes de dados, de forma a minimizar o tráfego gerado, bem como atrasos associados a transporte de dados. Um trabalho interessante seria delimitar que tipos de operações são críticas, e que inerentemente impossibilitam um cenário totalmente distribuído;
- Realização de mapeamento extensivo de possibilidades de uso conjunto das tecnologias SOA e recomendações MPEG-7 e MPEG-21;
- Proposição de uma política adaptável para definição de mecanismo otimizado para composição de serviços baseado nos níveis de serviço requeridos;
- Investigação de mecanismos e técnicas para otimização do tempo de execução de Serviços Web, analisando como elas poderiam ser aplicadas no desenvolvimento de aplicações multimídia.

REFERÊNCIAS

- ADJEROH, D.A.; NWOSU, K.C. **Multimedia database management-requirements and issues**. IEEE Multimedia, v.4, Issue 3, 1997, p.24-33.
- ALVARO, O., SALEMBIER, P. **MPEG-7 Systems: Overview**. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, v.11, n. 6, 2001, p. 760-764.
- ARSANJANI, A.; RAMANATHAN, S. **Beyond SOA: Context-Aware Composite Services**. In IEEE International Conference on Services Computing (SCC06), IEEE Computer Society, Chicago, EUA, September 2006, p.514-514.
- ASIRELLI, P.; GRAZIA DI BONO, M.; MARTINELLI, M.; SALVETIL, O.; SIGNORE, O.; CATASTA, M.; MORBIDONI, C.; PIAZZA, F.; TUMMARELLO, G. **Toward a scalable multimedia metadata infrastructure using distributed computing and semantic web technologies**. The 2nd European Workshop on the Integration of Knowledge, Semantics and Digital Media Technology (EWIMT 2005), London, UK, November 2005, p.153-156.
- ATARASHI, R.S. KISHIGAMI, J. SUGIMOTO, S. **Metadata and new challenges**. In the Proceedings of Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINTW.2003), IEEE Computer Society, Florida, USA, January 2003, p.395-398.
- BATISTA, C. E. C. F.; SALMITO, T. L; LEITE, L. E. C; SOUZA FILHO, G. L., SILVEIRA, G. E. **Big Video on Small Networks**. In: MSAN - First International Conference on Multimedia Services Access Networks, Orlando, 2005. v. 1. p. 15-19.
- BEKAERT, J. SOMPEL, H.V. **Representing Digital Assets using MPEG-21 Digital Item Declaration**. Cornell University Library, 2005. Disponível em: <<http://arxiv.org/ftp/cs/papers/0508/0508065.pdf>> Acesso em: 02 abr. 2007.
- BURNETT, I., et al. **MPEG-21: Goals and Achievements**. Multimedia, IEEE, vol. 10, Issue 4, October-December 2003.
- BURNETT, I., et al. **MPEG-21 Digital item Declaration and Identification – Principles and Compression**. Multimedia, IEEE, vol. 7, Issue 3, June 2005.
- CAPGEMINI, S.J. **Toward an Acceptable Definition of Service**. IEEE Software, v.22, Issue 3, 2005, p.87-93.
- DCMI, **DCMI Metadata Terms**, DCMI, 2006. Disponível em: <<http://dublincore.org/documents/2006/12/18/dcmi-terms/>>. Acesso em: 23 mar. 2007.
- ERL, T. **Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design**. Prentice Hall, 2005, 780p.
- HANSEN, M.D. **SOA Using Java Web Services**. Prentice Hall, 2007, 608p.

IBM, **WS-Policy specification**. IBM, 2006. Disponível em:
<<http://download.boulder.ibm.com/ibmdl/pub/software/dw/specs/ws-polfram/ws-policy-2006-03-01.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2007.

ISO/IEC 15938-1, **MPEG-7 Overview**, 2002. Disponível em:
<<http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2003.

ISO/IEC 15938-5/Amd2, **Multimedia content description interface: Multimedia description schemes user preference extensions**, 2005.

ISO/IEC 21000-1, **Information Technology – Multimedia framework (MPEG-21)**, 2004.

ISO/IEC 21000-7, **Digital Item Adaptation**, 2004.

ISO/IEC 21000-3, **Digital Item Identification**, 2003.

ISO/IEC 21000-2, **Digital Item Declaration**, 2005.

JAEGGER, M.C.; MUHL, G. **Soft Real-Time Aspects for Service-Oriented Architectures**. The 8th IEEE International Conference on and Enterprise Computing, E-Commerce, and E-Services, June 2006.

JONKER, H.L.; MAUW, S.; VERSCHUREN, J.H.S.; SCHOONEN, A.T.S.C. **Security aspects of DRM systems**. In 25th Symposium on information theory in the Benelux, Kerkrade, Netherlands, June 2004, p.169-176.

KALASAPUR, S.; KUMAR, M.; SHIRAZI, B. **Seamless service composition (SeSCo) in pervasive environments**. In Proceedings of the First ACM international Workshop on Multimedia Service Composition (MSC 05), ACM Society, Singapore, Singapore, November 2005, p.11-20.

KEUKELAERE, F. **MPEG-21 Digital Item Processing**. IEEE Transactions on Multimedia, v. 7, Issue 3, June 2005.

KULESZA, R.; MATUSHIMA, R.; UCHOA, D.C.; KOPP, S.; SILVEIRA, R.M. **Plataforma de Gerência de Distribuição de Mídias**. Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia 2006), Natal, Brasil, Novembro 2006.

KULESZA, R.; MATUSHIMA, R.; UCHOA, D.C.; KOPP, S.; KLAVA, B.; SILVEIRA, R.M. **Uma Ferramenta para Gerência de Distribuição de Mídias**. 25º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC 2007), Belém, Brasil, Maio 2007.

LAUF, S.; BURNETT, I. **A protected Digital Item Declaration Language for MPEG-21**. In Proceedings of First International Conference on Automated Production of Cross Media

Content for Multi-Channel Distribution (AXMEDIS 2005), IEEE Computer Society, Florence, Italy, Nov. 2005.

LOM, **Final Draft**, LTSC-LOM, 2002, Disponível em: <http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2006.

MACHADO, J. C. **Um estudo sobre desenvolvimento orientado a serviços**. Dissertação de mestrado. PUC, Rio de Janeiro, Março 2004.

MATUSHIMA, R.; HIRAMATSU, D.M.; SILVEIRA, R.M.; RUGGIERO, W.V.; DA COSTA, C.E.M.; MONTEIRO, M.M.; HATORI, C. **Integrating MPEG-7 Descriptors and Pattern recognition: an environment for multimedia indexing and searching**. Proceedings of the Joint Conference of the Second Latin American Web Congress, IEE Computer Society, Ribeirão Preto, Brazil, October 2004, p.125-1321.

NAHRSTEDT, K.; BALKE, W. **A taxonomy for multimedia service composition**. ACM Society, In Proceedings of the 12th Annual ACM international Conference on Multimedia (Multimedia 04), New York, USA, October 2004, p.88-95.

NAHRSTEDT, K.; BALKE, W. **Towards Building Large Scale Multimedia Systems and Applications: Challenges and Status**. In Proceedings of the First ACM international Workshop on Multimedia Service Composition (MSC 05), ACM Society, Singapore, Singapore, November 2005, p.3-10.

OASIS, **UDDI Version 3.0.2**, UDDI Spec Technical Committee Draft, 2004. Disponível em: <<http://uddi.org/pubs/uddi-v3.0.2-20041019.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2007.

OASIS, **Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0**, Committee Specification 1, August 2006. Disponível em: <<http://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2006.

POLO, J.; PRADOS, J.; DELGADO, J. **Interoperability between ODRL and MPEG-21 REL**. In Internacional ODRL Workshop, Vienna, Austria, April 2004.

QUACKENBUSH, S., LINDSAY, A. **Overview of MPEG-7 Audio**, IEE Transaction On Circuits and Systems for Video Technology, v.11, n.6, 2001, p.725- 729.

REID, J.F., CAELLI W.J. **DRM, Trusted Computing and Operating System Architecture**, Proceedings of Third Australasian Information Security Workshop (AISW2005), Newcastle, Australia, January 2005.

SAMPAIO, C. **SOA e Web Services em Java**, Brasport, 2006, 151p.

SAMPAIO, L. N.; KOGA, I. K.; SOUZA, H., KOGA, I. K.; RHODEN, G., VETTER, F.; LEIRIA, G., MONTEIRO, J. A. S.; MELO, E. T. **piPEs-BR: Uma arquitetura para a**

medição de desempenho em redes IP. In: 24º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, 2006. p. 1-16.

SERHANI, M. A.; DSSOULI, R.; SAHRAOUI, H.; BENHARREF, A.; BADIDI, M. E. **QoS integration in value added web services.** In Electronic Proceedings of the Second International Conference on Innovations in Information Technology (IIT'05), Dubai, United Arab Emirates, September 2005.

SHAIKHALI A., RANA, O.F., AL-ALI, R., WALKER, D.W. **UDDIe: An Extended Registry for Web Services.** In Proc. of the Workshop on Service Oriented Computing: Models, Architectures and Applications at SAINT'03, Orlando, USA, Jan. 2003, p.85-89.

TSAI, W.T.; YANN-HANG LEE; ZHIBIN CAO; YINONG CHEN; BINGNAN XIAO. **RTSOA: Real-Time Service-Oriented Architecture.** In the Second IEEE International Workshop of Service-Oriented System Engineering (SOSE '06), Shanghai, China, October 2006, p.49-56.

TOSIC, V.; PATEL, K.; PAGUREK, B. **WSOL - Web Service Offerings Language.** In the international Workshop on Web Services, E-Business, and the Semantic Web, Springer-Verlag, London, May 2002, p.57-67.

TOSIC, V. **WSOL versus Related Work**, Research Report SCE-04-07, Department of Systems and Computer Engineering, Carleton University, Ottawa, Canada, June 2004.

UYAR, A.; WU, W.; BULUT, H.; FOX, G. **Service-oriented architecture for a scalable videoconferencing system.** IEEE Computer Society, In Proceedings of International Conference on Pervasive Services (ICPS 05), Santorini, Greece, July 2005, p.445-448.

VAN OSSENBRUGGEN, J.; NACK, F.; HARDMAN, L. **That obscure object of desire: multimedia metadata on the Web, Part-1.** IEEE Multimedia, v.11, Issue 4, October 2004, p.38-48.

VETRO, A., TIMMERER, C. **Digital item adaptation: overview of standardization and research activities**, IEEE Transactions on Multimedia. v. 7, Issue 3, June 2005, p.418 – 426.

WANG, X; et al., **XrML - eXtensible rights Markup Language.** Proceedings of the ACM workshop on XML Security, Fairfax, VA, November 2002, p.71-79.

WANG, X, et al. **The MPEG-21 rights expression language and rights data dictionary**, Multimedia, IEEE Transactions, vol. 7, Issue 3, June 2005, p.408 – 417.

W3C, **SOAP Messages with Attachments**, W3C Note, 2000. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/SOAP-attachments>>. Acesso em: 04 mar. 2007.

W3C, **SOAP Message Transmission Optimization Mechanism.** W3C Recommendation, 2005a. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/soap12-mtom/>>. Acesso em: 04 mar. 2007

W3C, **XML-binary Optimized Packaging, W3C Recommendation**. 2005b. Disponível em :<<http://www.w3.org/TR/xop10/>>. Acesso em: 04 mar. 2007

YAO, YONGLEI; SU, SEN; YANG, FANGCHUN. **SOAP Based Double-Channel Communication**. In International Conference on Internet and Web Applications and Services/Advanced International Conference on Telecommunications (AICT-ICIW 06), California, USA, February 2006, p.167-173.

ZHANG, J.; CHUNG, J. **A SOAP-oriented component-based framework supporting device-independent multimedia Web services**. IEEE Computer Society, In Proceedings of the Fourth International Symposium on Multimedia Software Engineering (MSE 2002), California, USA, December 2002, p.40-47.

ZIMMERMANN, R. **Building large-scale multimedia systems: should we use more SOAP to clean up our act?** In Proceedings of the First ACM international Workshop on Multimedia Service Composition (MSC 05), ACM Society, Singapore, Singapore, November 2005.

APÊNDICE A - DETALHAMENTO DE OPERAÇÕES

Execução (E)

- (E1) Transcodificação de mídias de áudio e vídeo: compressão e alteração do formato de compressão de uma mídia de áudio ou vídeo, bem como parâmetros associados como, por exemplo, nível de compressão e resolução;
- (E2) Filtro de mídias: responsável por tratamento da mídia. Por exemplo, atenuação de ruídos, para o caso de um áudio ou tratamento de imagens, no caso de uma foto ou vídeo;
- (E3) Composição de mídias: compreende a agregação de diferentes fontes de dados em uma única mídia, sejam estes dados de natureza distinta ou não (por exemplo, agregação de um vídeo e um áudio em um mesmo fluxo, ou composição de um vídeo a partir de vários outros vídeos);
- (E4) Extração de metadados de mídias de áudio, vídeo ou imagens: envolve a extração de dados descritivos para fins de indexação ou suporte a processamento das mídias;
- (E5) Transporte de mídias de áudio e vídeo: de serviços multimídia são caracterizados pelo processamento de grandes quantidades de informações. Normalmente as mídias não são transportadas através de mensagens trocadas diretamente entre serviços ou via barramento de comunicação. Serviços multimídia geralmente consideram que a informação a ser processada se encontra disponível em uma determinada área. A função dos serviços de transporte é mover as informações de uma área para outra, de forma que os conteúdos sejam acessíveis a cada serviço;
- (E6) Busca de áudio e vídeo por comparação: deve suportar mecanismos de análise de amostras, realizando a busca de mídias que apresentem algum grau de similaridade com a amostra recebida;
- (E7) Segurança dos dados: responsável pela proteção das mídias ou dados transmitidos. Envolve operações como criptografia, watermarking e foot printing.

Persistência (P)

- (P1) Mídias: armazenamento de qualquer tipo de mídia;
- (P2) Metadados: armazenamento de metadados dos conteúdos multimídia manipulados;
- (P3) Preferências do usuário: armazenamento de informações de preferências cadastradas pelos usuários (para suporte a personalização de serviços);
- (P4) Base de informação de privilégios do usuário: para controle de autorização a acesso às funcionalidades oferecidas;
- (P5) Capacidades dos recursos: armazenamento de informações referentes aos recursos físicos envolvidos (processamento e de rede);
- (P6) Repositórios de licenças: licenças referentes às mídias distribuídas. Importante para soluções de gerenciamento de direitos digitais (*Digital Rights Management* - DRM).
-

Decisão (D)

- (D1) Seleção de algoritmo de compressão: escolha do algoritmo mais adequado para compressão de uma mídia de áudio ou vídeo que atenda a um determinado conjunto de requisitos (exemplos, nível de compressão, qualidade subjetiva e complexidade e atraso algorítmico);
- (D2) Seleção de algoritmos de classificação das mídias (extração de metadados): escolha do melhor algoritmo de classificação que possa ser aplicada sobre uma mídia para a extração de metadados a respeito da mesma;
- (D3) Seleção de serviços (critérios técnicos e administrativos): seleção dinâmica do serviço a ser utilizado. O mecanismo de seleção deve considerar tanto requisitos funcionais a serem suportados pelo serviço, como também requisitos não funcionais (ex. confiabilidade ou tempo de resposta garantida) e administrativos (e.g custo, no caso de serviços disponibilizados por terceiros);
- (D4) Controle de erro ou mecanismo de compensação: em caso de erros na execução de um serviço, ou caso seja verificado que um serviço não atendeu os requisitos necessários, deve-se definir qual deve ser a ação a ser tomada como resposta ao problema, por exemplo, refazer o pedido do serviço, alterar fluxo de execução ou cancelar totalmente a atividade sendo realizada;

- (D5) Controle de aceitação de requisição: verificação se um pedido pode ou não ser atendido, seja considerando uma política de controle de acesso, ou outro tipo de critério (por exemplo, baseado em recursos disponíveis, um pedido para participar de uma videoconferência é negado se foi atingido o número máximo de participantes);
- (D6) Seleção de algoritmo de criptografia: escolha dos mecanismos de segurança a serem aplicados para cada necessidade ou condição.

Monitoria (M)

- M1 - Nível de carga de processamento: importante para avaliação se um serviço está apto a ser utilizado. Se o recurso computacional no qual o serviço está ou vai ser executado se encontra sobrecarregado, este pode comprometer a qualidade da atividade sendo realizada;
- M2 - Tempo de processamento (tempo de resposta): para verificação se requisitos de tempo de execução da atividade estão sendo atendidas;
- M3 - Nível de recurso de armazenamento: envolve controle de espaço de armazenamento utilizado e disponível. Importante para gerência de recursos dos repositórios de persistência;
- M4 - Atraso de rede: consiste no atraso de entrega. Essencial no processo de controle de QoS. Dependendo da aplicação, atrasos grandes podem inviabilizar a atividade a ser executada;
- M5 - Banda disponível: largura de banda disponível para transmissão. Importante para a avaliação, por exemplo, da qualidade do vídeo a ser transmitido;
- M6 - Variação de atraso (*jitter*): do mesmo como o nível de atraso, grandes variações de atraso podem inviabilizar a execução de uma atividade, principalmente com relação a aplicações que demandem alto nível de interatividade, por exemplo, VoIP (*Voice Over IP*);
- M7 - Taxa de perdas: verificação de nível de perdas de pacotes no processo de distribuição da mídia. Importante para controle da qualidade da transmissão;
- M8 - Informações contextuais do usuário (sensores): responsáveis por coletar informações referentes a um usuário, de forma a prover suporte a mecanismos de personalização. Por exemplo, coleta de informação do nível de ruído do ambiente

no qual o usuário se encontra, de forma a realizar controle de nível do áudio a ser transmitido;

- M9 - Verificação de capacidade do terminal: obtenção e ou análise de informações de características e restrições do terminal que o usuário se encontra, por exemplo, tamanho da tela e autonomia de energia (este último, importante no caso de dispositivos móveis);
- M10 - Análise de mídias: consiste no processamento de uma mídia de forma a avaliar características da mesma (por exemplo, formato, tamanho e qualidade, para o caso de um vídeo).

Controle (C)

- (C1) Priorização sobre nível de execução: envolve o controle do nível de priorização que estará sendo atribuído a uma determinada operação. Importante para a garantia de qualidade de serviço segundo níveis necessários;
- (C2) Controle de tamanho de cache: alteração do tamanho do cache, de forma a compensar problemas de variação de atraso na transmissão, no caso da distribuição de uma mídia ou, de minimizar o tempo de acesso a disco, no caso de um repositório de dados;
- (C3) Alteração do modelo de priorização de fluxos de dados: alteração do nível de priorização na transmissão de um determinado fluxo de pacotes.

ANEXO A - RTSOA

		SOA	RTSOA
Essencial	Ontologia	Ontologias são necessárias para a composição e colaboração de serviços	Especificação da ontologia e verificação de compatibilidade são realizadas <i>offline</i> para evitar impactos sobre tempo de resposta. Além de informações gerais do serviço, propriedades dos serviços precisam ser incluídas em sua descrição
	Descoberta	Serviços de descoberta baseados em UDDI e ebXML	Ao invés do mecanismo de descoberta adotado em SOA, RTSOA pode descobrir e escolher somente serviços verificados em um banco de dados, de forma a garantir desempenho
	Troca de Mensagens	Uso de SOAP como protocolo de troca de mensagens	SOAP com suporte a tempo real ou protocolos similares são necessários para troca de mensagens com requisitos de tempo real
	Implantação	Implantação dos serviços após composição/recomposição das aplicações	Mecanismos de implantação em tempo real são necessários para implantar aplicações compostas dinamicamente. Reserva de largura de banda é necessária para a implantação com garantias de tempo de resposta
Gerenciamento	Orquestração	Colaboração entre serviços precisa ser orquestrada em tempo de execução	Necessário mecanismo de orquestração que trate requisitos de tempo real
	Política	Políticas precisam ser verificadas em tempo de execução	Verificação de políticas precisa ser realizada em tempo real e em tempo de execução. Deve haver suporte a recuperação a falhas e a violações do tempo de resposta requerido
Engenharia de Sistema	Modelagem	Modelagem de serviços para obtenção de informações gerais	Além da modelagem geral do serviço, propriedades de tempo real também precisam ser modeladas
	Composição	Composição de serviços baseada em ontologias	Precisa ser suportada composição de serviços em tempo real. Requer que os serviços verificados estejam disponíveis

continua

conclusão

		SOA	RTSOA
Engenharia de Sistema	Verificação e Validação	Verificação e validação de serviços antes dos serviços serem implantados	Verificação e validação são feitas <i>offline</i> antes de adicionar os serviços no repositório de serviços. Verificação e validação em tempo real podem ser necessárias nos casos quando os serviços verificados não estão disponíveis. Verificação e validação em tempo real também são realizadas para verificação de compatibilidade de tempo de resposta
	Simulação	Simulações <i>online\offline</i> podem ser executadas para avaliação do comportamento dos serviços	Realizado <i>offline</i> antes da adição de serviços no repositório de serviços. Simulação <i>online</i> é necessária para avaliação de aplicações compostas dinamicamente
	Execução	Após um serviço ser avaliado ele pode ser utilizado	Propriedades de tempo real precisam estar disponíveis durante a execução dos serviços. Verificação de dados de tempo de execução deve ser realizada para verificação de políticas
	Reconfiguração	Necessário quando confiabilidade ou desempenho não são adequados	Reconfiguração de serviços precisa ser realizada em tempo real para satisfazer as restrições de tempo de resposta

Fonte: Retirado de (TSAI et al., 2006)

ANEXO B - MAPEAMENTO DE DESCRITORES MPEG

O mapeamento que segue apresentado, foi realizado durante a fase de modelagem da Plataforma de Gerência de Vídeo, durante o trabalho do mestrado. O processo de mapeamento consistiu basicamente em levantar frente aos descritores obrigatórios definidos pelas especificações MPEG-7 e MPEG-21 e as demandas do projeto, os descritores que seriam utilizados.

Para a definição dos descritores, inicialmente foi tomada como base, os tipos de metadados inicialmente disponíveis em relação às mídias existentes. Em seguida, passou-se a um processo de filtrar um conjunto mínimo de descritores a ser utilizado. O objetivo da filtragem, foi minimizar o número de informações de alto nível que precisariam ser cadastradas no processo de indexação, facilitando a publicação dos vídeos. Em uma fase final, foram verificados frente aos padrões MPEG-7 e MPEG-21, quais os descritores que mapeavam os metadados filtrados.

Em alguns casos, para determinados metadados, havia a imposição por parte do padrão, da agregação de outros metadados. Assim, no processo de mapeamento, novos metadados foram adicionados de forma a se atender aos padrões. A partir disso, chegou-se aos metadados mapeados, os quais seguem enumerados.

Identificação Pessoal (MPEG-7 MDS)

- GivenName: NameComponentType
- FamilyName: NameComponentType
- citizenship: countryCode
- Region: regionCode
- PlaceType : AdministrativeUnit (Cidade/Bairro)
- PlaceType: AddressLine (Endereço, Número)
- PlaceType: PostingIdentifier (Caixa Postal)
- Telephone: ElectronicAddressType
- Fax: ElectronicAddressType
- Email: ElectronicAddressType

Descrição das Mídias (MPEG-7 MDS)

- MediaFormatType
 - Content
 - FileFormat
 - FileSize
 - BitRate
 - TargetChannelBitRate
 - VisualCoding: Format
 - VisualCoding: colorDomain
 - VisualCoding: Frame: height
 - VisualCoding: Frame: width
 - VisualCoding: Frame: rate
 - AudioCoding: Format
 - AudioCoding: Sample: rate
 - AudioCoding: Sample: bitsPer

CreationInformationType

- CreationType
 - Title: TitleType
 - Abstract: TextAnnotationType
 - Creator: CreatorType
 - Date: TimeType
 - CopyrightString: TextualType

- ClassificationType
 - Form
 - Genre
 - Subject
 - Purpose
 - Language
 - CaptionLanguage
 - MediaReview

Preferências dos usuários (MPEG-7 MDS)

- CreationPreferences:
 - CreationPreferencesType: TitleType
 - CreatorType: Character (PersonNameType)
 - Keyword: TextualType
 - Location: PlaceType
 - DatePeriod: TimeType (TimePointType)
- ClassificationPreferencesType:
 - Country: countryCode
 - DatePeriod: TimeType
 - Language: ExtendedLanguageType
 - Genre: TermUseType
 - Subject: Textual Type
 - Review: RatingType

- SourcePreferences:
 - MediaFormat Type: Content
 - MediaFormat Type: FileFormat
 - MediaFormat Type: FileSize
 - MediaFormat Type: BitRate
 - MediaFormat Type: VisualCoding: Format
 - MediaFormat Type: VisualCoding: Frame: height
 - MediaFormat Type: VisualCoding: Frame: width
 - MediaFormat Type: VisualCoding: Frame: rate
 - MediaFormat Type: AudioCoding: Format
 - MediaFormat Type: AudioCoding: Sample: rate
 - MediaFormat Type: AudioCoding: Sample: bitsPer

Histórico de Uso (MPEG-7 MDS)

- UserIdentifier: UserIdentifier Type
- UserActionHistory: UserActionHistory Type: ObservationPeriod: TimeType: TimePoint
- UserActionHistory: UserActionHistory Type: ObservationPeriod: TimeType: Duration
- UserActionList: UserActionList Type: User Action: User Action Type: ProgramIdentifier

Características dos Terminais (MPEG-21 DIA)

- DisplayCapability:
 - Resolution:
 - Horizontal
 - Vertical
 - ScreenSize:
 - Horizontal
 - Vertical
 - ColorCapable

Características da Rede (MPEG-21 DIA)

- Network Capability:
 - maxCapacity
 - minGuarenteed

ANEXO C - Exemplo WSOL

```

<wsol:serviceOffering name = "SO2"
  service = "buyStock: buyStockService "
  extends = "tns: SO1"
  accountingParty = "WSOL-SUPPLIERWS" >
<wsol:constraint name = "QoScons2"
  service = "WSOL-ANY"
  portOrPortType = "WSOL-EVERY" operation = "WSOL-EVERY" >
<expressionSchema:booleanExpression >
  <expressionSchema:arithmeticExpression >
    <expressionSchema:QoSmetric
      metricType = "QoSMetricOntology: ResponseTime "
      service = "WSOL-ANY"
      portOrPortType = "WSOL-ANY" operation = "WSOL-ANY"
      measuredBy = "WSOL_INTERNAL" />
    </expressionSchema:arithmeticExpression>
    <expressionSchema:arithmeticComparator type = "<" />
    <expressionSchema:arithmeticExpression >
      <wsol:numberWithUnitConstant>
        <wsol:value>0.3</wsol:value>
        <wsol:unit type = "QoSMeasOntology: second " />
      </wsol:numberWithUnitConstant>
    </expressionSchema:arithmeticExpression>
  </expressionSchema:booleanExpression>
</wsol:constraint>
...
<wsol:price name = "Price1"
  service = "buyStock: buyStockService"
  portOrPortType = "buyStock: buyStockServicePort"
  operation = "buyStock: buySingleStockOperation" >
<wsol:numberWithUnitConstant>
  <wsol:value>0.01</wsol:value>
  <wsol:unit type = "currencyOntology: CanadianDollar" />
<wsol:numberWithUnitConstant>
</wsol:price>
...
<wsol:managementResponsibility name = "MangRespl" >
  <wsol:supplierResponsibility scope = "tns: AccRght1" />
  <wsol:consumerResponsibility scope = "tns: Precond3" />
  <wsol:independentResponsibility scope = "tns: QoScons2"
    entity = "http://www.someThirdParty.com" />
  </wsol:managementResponsibility>
</wsol:serviceOffering>

```

ANEXO D – SEGURANÇA NO MPEG-21

Três partes do MPEG-21 estão associadas à especificação de mecanismos de suporte a segurança de mídias. São elas: Parte 4 (IPMP, Intellectual Property Management and Protection), 5 (REL, Rights Expression Language), e 6 (RDD, Rights Data Dictionary).

A primeira das delas, a IPMP define basicamente o processo para prover a proteção de conteúdos multimídia sensíveis dentro de um envelope DID (Digital item Declaration). Resumidamente um envelope DID consiste no mecanismo especificado pelo MPEG-21 para representação de um conteúdo multimídia, com encapsulamento das mídias em si e informações associadas (mais detalhes sobre o DID na seção 3.3.2.2). O que o IPMP faz é definir um mecanismo para prover a confidencialidade de informações sensíveis que estejam sendo encapsuladas dentro do DID (LAUF; BURNETT, 2005).

A segunda, a MPEG-21 REL, trata-se de uma linguagem declarativa baseada em XML para descrever direitos e condições para uso de um recurso (conteúdo). Ela corresponde a uma evolução da linguagem XrML (eXtensible Rights Markup Language). O XrML corresponde a uma das principais linguagens existentes para a especificação de direitos digitais.

Através do MPEG-21 REL, qualquer entidade que possua ou esteja distribuindo um recurso pode definir quais entidades poderão ter acesso a este material, os direitos que estas terão sobre o mesmo e as condições sob a qual os direitos são válidos. O MPEG REL provê ainda mecanismos para certificar a integridade das mensagens e a autenticação das entidades envolvidas. Ela também apresenta capacidades adicionais tal qual poder ser estendida, além de contemplar áreas como gerenciamento de confiança. Segue a descrição dos elementos dos elementos básicos que compõem a especificação da:

- License (Licença): Contém informações de uma ou mais permissões e a informação de quem emitiu a licença.
- Issuer (Emissor): Elemento da licença que identifica a entidade que emitiu a licença.
- Grant (Permissão): Elemento da licença que dá permissão para uma entidade ter um determinado direito sobre um recurso sob determinadas condições.
- Principal (Entidade): Identificação da entidade que recebeu a permissão.
- Right (Direito): Direito a realizar uma ação (ouvir uma música, imprimir um arquivo).

- Resource (Recurso): Objeto sobre o qual uma entidade recebeu autorização de realizar uma determinada ação.
- Condition (Condição): Termos, condições e obrigações sob os quais uma permissão é válida.

Finalmente, a parte 6, o MPEG-21 RDD, consiste em uma ontologia dos termos definidos para serem utilizados pelo REL. A importância em se definir uma ontologia para os termos utilizados pelo MPEG-21 REL, é a de possibilitar a interoperabilidade do mesmo com outras linguagens de expressão de direitos. Uma vez definida a ontologia, é possível facilmente fazer sua compatibilização com linguagens existentes que também possuam uma ontologia definida.